

Восточно-Казахстанский Государственный Технический  
Университет им. Серикбаева

**Волкова Алена Андреевна**

**Совершенствование методов обследования эксплуатируемых  
железобетонных конструкций**

Специальность: 6N0729 – Строительство  
(профильное направление)

**РЕФЕРАТ**

на соискание академической степени магистра техники и технологии  
по специальности 6N0729 – Строительство

## **Введение**

**Актуальность темы диссертационной работы.** В последние годы отмечается широкое применение средств неразрушающего контроля строительной продукции. Динамика развития методов неразрушающего контроля (НК) обусловлена расширением сферы его применения и постоянно растущими потребностями отрасли.

Обследование эксплуатируемых зданий и сооружений является очень трудоемким и сложным процессом, поэтому вопрос о применении приборов неразрушающего контроля в обследованиях очень актуален, так как, например, в отличие от приборов местного (локального) разрушения не требует усиления конструкции. Что касается разрушающих методов, то они не приемлемы в обследовании эксплуатируемых конструкций. Кроме того, преимущества неразрушающего контроля, обусловленные его высокой производительностью, становятся очевидными при обследовании зданий и сооружений, когда неизвестны характеристики бетона и арматуры, а объемы контроля значительны.

Для оценки состояния конструкций зданий и сооружений необходим всесторонний анализ факторов, влияющих на их эксплуатационные характеристики - прочность бетона и арматуры, защитный слой и диаметр арматуры, теплопроводность и влажность бетона, адгезия защитных и облицовочных покрытий, морозостойкость и водонепроницаемость бетона и др.

Достоверность НК зависит от ряда факторов:

- наличия программы и методики проведения испытаний, включающей выбор участков испытаний, их количества, учет состояния поверхности, возраста;
- оптимального выбора метода (методов) контроля и приборов, обеспечивающих НК в соответствии с программой испытаний;
- уточнения градуировочных характеристик применяемых приборов.

В данной работе рассмотрены такие вопросы как, особенности нахождения величины прочности бетона неразрушающими методами с анализом полученных результатов и определение наиболее точных и эффективных приборов в этой области исследования. Второе направление работы заключается в определении величины прочности арматуры с помощью прибора ТЭМП-2. И наиболее актуальный на данный момент вопрос – это специфика определения толщины защитного слоя, диаметра и положения арматурного стержня с помощью методов неразрушающего контроля, на примере прибора ИПА-МГ4.

**Цель работы.** Целью работы является совершенствование неразрушающих методов определения прочностных характеристик арматуры, бетона и геометрических параметров арматуры в эксплуатируемых железобетонных конструкциях.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- экспериментально-теоретический анализ методов определения прочности бетона с помощью приборов: молоток Кашкарова, молоток МИСС 500, ИПС-МГ4.03 с выявлением корреляционных зависимостей и разработкой рекомендаций по их применению в эксплуатируемых конструкциях;
- экспериментально-теоретический анализ неразрушающих методов определения прочности арматуры с помощью прибора ТЭМП-2
- экспериментально-теоретический анализ неразрушающих методов определения защитного слоя бетона, положения и диаметра арматуры прибором ИПА МГ4, с разработкой рекомендаций по их применению в эксплуатируемых конструкциях.

#### **Научную новизну работы составляют:**

- результаты сравнения методов неразрушающего контроля прочности бетона, с определением их эффективности в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений;
- результаты определения величины прочности арматуры с помощью прибора ТЭМП-2, исключаящего вырезание образцов из элементов конструкции;
- результаты определения толщины защитного слоя, диаметра и оси расположения арматурного стержня с помощью прибора ИПА МГ4 и сравнительный анализ с реально-полученными параметрами конструкций.

**Научное положение, выносимое на защиту,** является результаты анализа определения прочности бетона и арматуры, геометрических характеристик конструкций с помощью приборов неразрушающего контроля

**Практическое значение работы** заключается в рекомендациях по применению методов неразрушающего контроля в обследовании эксплуатируемых железобетонных конструкциях.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты работы были доложены на следующей конференции:

- республиканских научно-практических конференциях в ВКГТУ (г.Усть-Каменогорск) в 2010 году.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликована 1 [статья](#).

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников. Работа изложена на 69 страницах текста, [содержит](#) 17 таблиц, 16 рисунков, [список](#) использованных источников из 17 наименований.

#### **Основная часть**

**Введение.** Во введении обосновывается актуальность выбранного направления исследования, формулируются цели работы.

**В первой главе** описаны преимущества методов неразрушающего контроля прочности бетона, обусловленные их высокой производительностью, которые становятся очевидными при обследовании

зданий и сооружений. Наиболее распространенными методами неразрушающего контроля прочности бетона являются:

- метод отрыва со скалыванием (ПОС-50МГ4 «СКОЛ»);
- метод пластической деформации (молоток Кашкарова; МИСС-500);
- метод ударного импульса (ИПС МГ4.03);
- метод упругого отскока (склерометр Шмидта);
- ультразвуковой метод (прибор УК1401; прибор «Пульсар»).

Значительный интерес представляет точность определения прочности бетона различными приборами, такими как: ИПС МГ 4.03 (электронный измеритель прочности бетона), ЭМК (эталонный молоток Кашкарова), молоток МИСС 500. Адекватность показаний данных приборов была проверена на 36 образцах, которые в последствии доведены до разрушения на прессе. В виде образцов были использованы кубики из бетона со стороной 10 см.

Самым используемым из всех примененных методов является метод определения прочности бетона с применением эталонного молотка Кашкарова, принцип действия которого основан на методе пластических деформаций. При испытании молотком Кашкарова по каждому кубику наносилось пять ударов, затем через значения твердости и существующую корреляционную зависимость была получена величина основной прочностной характеристики материала – сопротивление осевому сжатию.

Таким же образом образцы испытывались прибором МИСС 500, по кубику наносилось пять ударов, но в отличие от молотка Кашкарова у молотка МИСС 500 отсутствовала корреляционная зависимость, следовательно, по полученным в испытаниях данным, была построена корреляционная зависимость для прибора МИСС 500.

Далее замеры были произведены электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4.03, позволяющим определить сопротивление осевому сжатию на основе метода ударного импульса. С каждого образца снято по 15 показаний ИПС МГ 4.03.

В том числе было выполнено вычисление коэффициента совпадения величины прочности бетона, определяемого по результатам параллельного испытания эталонным молотком Кашкарова, прибором ИПС МГ 4.03 и разрушения на прессе контрольных кубов. Коэффициент совпадения определялся, как средний из коэффициентов, полученных по каждому образцу. По полученным данным был построен график плотности нормального распределения вероятностей коэффициента совпадения величины прочности бетона, с параметрами  $K_{\text{совп}}=1,02$  и  $S_T=0,09$  – для ИПС МГ 4.03;  $K_{\text{совп}}=1,03$  и  $S_T=0,07$  – для ЭМК (где:  $K_{\text{совп}}$  - математическое ожидание;  $S_T$  -среднее квадратичное отклонение) и с определением коэффициента совпадения  $V = S_T / K_{\text{совп}}$ .

В заключительной части первого раздела были приведены выводы по использованию приборов неразрушающего контроля при обследовании

эксплуатируемых конструкциях. На основе полученных данных по определению коэффициента совпадения кубиковой прочности бетона с эталонной прочностью бетона, равного 1,02 для прибора ИПС-МГ 4.03 и 1,03 для эталонного молотка Кашкарова. и анализа, оба прибора показали достаточно точные результаты с коэффициентами вариации 8,8% и 6,8% для приборов ИПС МГ 4.03 и ЭМК соответственно. Для прибора МИСС-500 была построена градуировочная зависимость между показаниями косвенной характеристики молотка (D) и кубиковой прочностью, полученной при разрушении на прессе.

**Во второй главе** для определения прочности арматуры поврежденных конструкций была выполнена работа в два этапа:

- испытания поверхностного слоя металла на твердость с помощью твердомера ТЭМП-2;
- испытания на разрывной машине стандартных образцов, вырезанных из элементов конструкций, согласно указаниям ГОСТ 7564-73\*;

Применяемый при испытаниях прибор ТЭМП-2, предназначен для экспрессного измерения твердости различных изделий (из стали, ее сплавов и сварных соединений, чугуна, цветных металлов, резины и др. материалов) по шкалам Бринелля (HB), Роквелла (HRC), Виккерса (HV), Шора "D" (HSD), а также для определения временного сопротивления на растяжение  $R_m$  изделий из углеродистых сталей перлитного класса по ГОСТ 22791-77.

Метод измерения – динамический (основан на определении отношения скоростей удара и отскока ударника, преобразуемое в условное число твердости, переводимое прибором в требуемые единицы твердости).

Для испытаний применялись образцы арматуры периодического профиля с необработанной поверхностью диаметров от 8,0 до 22 мм.

Как показало исследование по определению прочности арматуры, прибор ТЭМП-2 показал очень точные результаты с коэффициентом совпадения равным 0,997, что доказывает высокую эффективность использования этого прибора в обследовании железобетонных конструкций. Коэффициент вариации составил всего 0,32 %.

**В третьей главе** произведено определение толщины защитного слоя бетона и расположения стержневой арматуры в железобетонных изделиях и конструкциях выполняются прибором ИПА МГ4 на основе магнитного метода по ГОСТ 22904.

Прибор имеет три основных режима работы, вследствие чего экспериментальное исследование разделилось на три этапа:

- Определение оси арматурного стержня;
- Определение защитного слоя при известном диаметре;
- Определение диаметра арматурного стержня при известном защитном слое.

Для испытаний были использованы образцы: лабораторные балочки, железобетонная ребристая плита, плоская плита.

После проведенных испытаний, стало видно, что прибор ИПА-МГ4 при определении толщины защитного слоя показывает результаты близкие к фактическим, с коэффициентом соответствия равным 0,993 и коэффициентом вариации 8,96 %. Для случая определения диаметра и расположения арматурного стержня, прибор показал данные значительно отличающиеся от реально-полученных параметров. Проанализировав результаты испытаний были сделаны выводы, что причинами таких значительных отклонений являются:

- наличие параллельно-расположенной соседней горизонтальной арматуры;
- места пересечения продольной и поперечной арматуры.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе были рассмотрены вопросы по определению прочности бетона и арматуры, геометрических параметров с помощью методов неразрушающего контроля в эксплуатируемых железобетонных конструкциях.

Применение при обследовании методов неразрушающего контроля, по сравнению с разрушающим методом и методом локального разрушения, являются менее дорогостоящими и трудоемкими.

При определении прочности бетона прибор ИПС МГ4.03 и молоток Кашкарова показали результаты близкие к результатам полученным на прессе, что позволяет использовать их при обследовании конструкций. В свою очередь, если произвести сравнение этих двух приборов между собой, то в процессе обследования прибор ИПС МГ4.03 имеет более выгодные характеристики в отличие от эталонного молотка Кашкарова. Так как, например, при обработке результатов полученных молотком большую роль играет человеческий фактор при определении диаметров отпечатков, так же очень сложно наносить удары молотком, находясь на большой высоте при обследовании конструкций покрытия. Прибор ИПС МГ 4.03 более прост в применении, так как не требует обработки полученных результатов и сразу выдает среднее значение прочности бетона. Так же в процессе работы для прибора МИСС-500 была построена градуировочная зависимость между показаниями косвенной характеристики молотка (D) и кубиковой прочностью, полученной при разрушении на прессе, которая в дальнейшем может быть использована в обследованиях.

В случае сравнительного анализа результатов по определению величины прочности арматуры с помощью прибора ТЭМП-2 и полученных на разрывной машине, можно сделать вывод, что прибор показал результаты близкие к фактическим, что позволяет в дальнейшем использовать его при обследованиях конструкций. Применение прибора исключает метод вырезания образцов с последующим испытанием в разрывной машине, что конечно является очень трудоемким и сложным процессом, так как требует усиления конструкции, что очень сложно произвести в эксплуатируемых конструкциях. А в определенных случаях метод вырезания вообще не может

быть использован, как например, в случае при определении прочности преднапряженной арматуры.

Вопрос об использовании неразрушающих методов в определении геометрических параметров конструкций очень актуален, так как допускает определение параметров без нанесения конструкциям каких-либо значительных повреждений. Магнитный метод, используемый в нашей работе, безопасен для здоровья человека и не имеет такого потенциально вредного воздействия, как у радиационного метода. В результате анализа полученных данных определения толщины защитного слоя прибор ИПА МГ4 может быть использован в обследованиях эксплуатируемых железобетонных конструкциях, что касается диаметра и оси расположения арматурного стержня, то прибор показывает результаты значительно отличающиеся от фактических, причем не прослеживается какая-либо корреляционная зависимость в отклонениях. Были сделаны выводы, на основании которых основными причинами значительных отклонений полученных параметров служат: наличие параллельно-расположенной соседней горизонтальной арматуры, места пересечения продольной и поперечной арматуры.

Практическая значимость работы заключается в рекомендациях по применению методов неразрушающего контроля, при обследовании эксплуатируемых железобетонных конструкциях, с выбором приборов, требующих минимальных трудозатрат и получением результатов значительно близких к фактическим.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. А.А. Волкова Современные методы неразрушающего контроля прочности бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций// Материалы IX Республиканской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Усть-Каменогорск, ВКГТУ. 2010 г., с. 35.

## АННОТАЦИЯ

Диссертация на тему «Совершенствование методов обследования эксплуатируемых железобетонных конструкций» выполнена магистрантом Волковой А.А.

Актуальность работы заключается в выявлении таких приборов и методов неразрушающего контроля, результаты применения которых наиболее точны и их использование при обследовании строительных конструкций требуют минимальных трудозатрат.

Научную новизну работы составляют:

- результаты сравнения методов неразрушающего контроля прочности бетона, с определением их эффективности в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений;
- результаты определения величины прочности арматуры с помощью прибора ТЭМП-2, исключающего вырезание образцов из элементов конструкции;
- результаты определения толщины защитного слоя, диаметра и оси расположения арматурного стержня с помощью прибора ИПА МГ4 и сравнительный анализ с реально-полученными параметрами конструкций.

Практическая значимость работы заключается в рекомендациях по применению методов неразрушающего контроля, при обследовании эксплуатируемых железобетонных конструкциях, с выбором приборов, требующих минимальных трудозатрат и получением результатов значительно близких к фактическим.

## АННОТАЦИЯ

Тақырыбы «Пайдаланудағы темірбетон құрылымдарын зерттеу тәсілдерін жетілдіру» диссертациялық жұмыс магистрант А.А. Волковамен орындалды.

Жұмыстың актуальділігі сондай аспаптар мен бұзбайтын бақылау тәсілдерін айқындау болады, оларды қолданудың нәтижелері ең нақты және құрылыс құрылымдарын зерттеген кезде оларды пайдалану ең аз еңбек шығындарын талап етеді.

Жұмыстың ғылыми жаңалықтарын:

- пайдаланылатын ғимараттар мен құрылыстарды зерттеуде олардың тиімділігін анықтаумен, бетон беріктігін бұзбайтын бақылау тәсілдерін салыстыру;
- құрылым элементтеінен үлгілерді қиюды болдырмайтын, ТЭМП-2 аспабының көмегімен арматура беріктігінің мөлшерін анықтау;
- ИПА МГ4 аспабының көмегімен арматура өзегінің қорғау қабатының қалыңдығын, диаметрін және осінің орналасуын анықтау және құрылымның нақты алынған параметрлерімен салыстырмалы талдау құрайды.



Жұмыстың тәжірибелік маңызы бұзбайтын бақылау тәсілдерін қолдану, ең аз еңбек шығынын талап ететін аспаптарды таңдап алумен пайдаланудағы темірбетон құрылымдарын зерттеу және нақты деректерге жуық нәтиже алу болады.

#### ANNOTATION

Dissertation on the theme “Modernization of survey methods of operating concrete structures” was done by undergraduate Volkova A.A.

Scientific originality of the dissertation includes:

- Comparison of nondestructive testing methods of concrete strength with evaluation of their effectiveness at surveying of operating concrete structures;
- Armature strength evaluation by special indicator “TEMP-2” (electrical compact portative hardness testing instrument), excluding cutting specimen from constructional elements;
- Evaluation of concrete cover depth, diameter and a-axis rebar location by dint of gear “IPA-MG4” and comparative analysis with real-received parameters of constructions.

Practical value of this dissertation consists in application of nondestructive testing methods at surveying of operating concrete structures, with right to pickup equipment, required minimal labor costs, and gets results which are significantly on the verge of real ones.