

ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ АРМАТУР В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены основные задачи по определению параметров арматуры железобетонных конструкций при их обследовании. Проанализированы основные известные пути решения указанных задач. Показаны наиболее достоверные и точные методы определения параметров арматуры. Экспериментально выявлена величина погрешности, сопровождающая магнитный метод контроля, при определении диаметра арматуры и защитного слоя бетона.

Ключевые слова: рабочая арматура, обследования конструкций, защитный слой, диаметр и класс, погрешность, профиль.

M.D. Shabdanov - k.t.n., dosent, OshTU

EVALUATION OF DESIGN PARAMETERS OF WORKING REINFORCEMENT IN CONCRETE STRUCTURES OF BUILDINGS

The paper deals with the main problem of reinforcement parameters determination of concrete structures in the inspection. The basic well-known tracks of a solution to this problem are analyzed. The most reliable and accurate methods of reinforcement parameters determination are revealed. The magnitude of error of the magnetic inspection method in the determination of the diameter of reinforcement and the coverage is experimentally detected.

Keywords: working fittings, inspections of designs, protective layer, diameter and class, error, profile.

При детальном обследовании несущих конструкций из любых строительных материалов одной из главных задач является получение первичных данных для выполнения проверочных расчетов. Для железобетонных конструкций наиболее трудным является определение параметров стальной рабочей арматуры, так как она всегда скрыта под защитным слоем бетона.

В большинстве нормативных документов и технической литературе, описывающей правила обследования конструкций зданий и сооружений, имеются рекомендации по методам контроля параметров арматуры. Известны различные методы неразрушающего контроля, применение части которых регламентируется требованиями ГОСТ. Однако, не все из методов позволяют достоверно и точно определить искомые проектные параметры. Часть методов устарела, некоторые практически не применимы из-за трудностей, сопровождающих их использование.

Наиболее удобным и широко известным методом, используемым для определения расположения арматуры в бетоне, является магнитный метод неразрушающего контроля (НК), регламентируемый ГОСТ 22904-93 «Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры».

Имеется большое разнообразие приборов, реализующих данный метод, начиная от бытовых металлодетекторов стоимостью от 2 тыс. сом и заканчивая сложными автоматизированными комплексами стоимостью более 500 тыс. сом. К таким приборам относятся ИПА-МГ4 (Строй прибор), Поиск 2.5 (Интерприбор), ИЗС-10Ц, Profoscope (Proceq), Ferrosan (Hilti) и другие. Несмотря на большой выбор и диапазон цен на приборы, указанную задачу все они решают примерно с одинаковой эффективностью. Отличие более дорогостоящих средств измерения, как правило, заключается в большей чувствительности и глубине определения арматурных стержней, а также улучшенном интерфейсе и автоматизированной обработке данных. На рядовом объекте

(например, стена или перекрытие, армированное сеткой с защитным слоем не более 5..7см) найти арматуру в толще бетона и нанести ее проекцию на поверхность с погрешностью до 1.2см можно практически любым из приборов. В то же время, при густом армировании конструкций и расположении арматуры в несколько рядов, погрешность измерения существенно возрастет при использовании любого из электромагнитных приборов [2].



Рис. 1. Искомые параметры рабочей арматуры и возможные методы их контроля

Рентгеновский метод, регламентируемый ГОСТ 17625-83 «Конструкции и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры» и описываемый в технической литературе второй половины прошлого

века, на сегодняшний день в отечественной практике широкого применения не нашел. Это связано с повышенными эксплуатационными затратами, сопровождающими его реализацию (дорогостоящее оборудование, повышенные требования по технике безопасности использования и хранения, и др.) при малой эффективности применения на рядовых объектах. Точность исследования параметров сопоставима с магнитным и другими методами, однако необходим двухсторонний доступ к конструкции, а большая погрешность измерения при густом армировании не устраняется. Однако, необходимо отметить, что в зарубежных исследованиях метод используется наряду с остальными [3].

Альтернативой магнитному методу неразрушающего контроля являются все чаще используемые в последнее время методы ультразвуковой томографии и георадиолокации [10]. Однако, в отличие от магнитного метода, применение данных методов на практике требует не только приобретения существенно более дорогостоящего оборудования (стоимость достигает 1 млн. сомов и выше), но и высокой квалификации и опыта специалистов. При этом результат измерений при густом армировании конструкций также сопровождается высокой погрешностью и ошибками.

При большом разнообразии применяемых методов неразрушающего контроля **наиболее достоверным и универсальным методом является определение расположения арматуры путем вскрытия защитного слоя.** В случае густого многослойного расположения арматуры в конструкции, одностороннего доступа, большого защитного слоя только данным способом можно достоверно определить количество и расположение стержней. Очевидно, что недостатками разрушающего метода являются высокая трудоемкость, избирательность контроля и неизбежное нарушение целостности конструкций.

Для определения величины защитного слоя могут быть использованы все методы неразрывное контроля указанные выше. Как было уже сказано, наиболее распространенным является магнитный метод. Измерение защитного слоя основано на градуировочной зависимости, заложенной в большинство приборов заводом - изготовителем. Технология измерения сводится к определению расположения (оси) арматурного стержня, заданию его диаметра и класса и определению величины защитного слоя. При этом погрешность измерения существенно зависит от правильности исходных данных (диаметр и класс), а также от глубины залегания стержня и его диаметра. Чем меньше диаметр и больше защитный слой, тем погрешность измерения больше.

При обследовании конструкций обычно все указанные параметры являются неизвестными. Для получения достоверного результата можно сделать несколько вскрытий, по которым определить диаметр или величину защитного слоя. Затем контролировать армирование на других участках, пользуясь полученными исходными данными. Однако, такой подход жизнеспособен только когда вне зоны вскрытий использовано армирование совпадающее с выявленным (т.е. вся арматура одного диаметра). Такая ситуация встречается далеко не всегда.

Имеется вторая, более трудно решаемая проблема. Если определить диаметр арматурного стержня с определенной погрешностью, можно непосредственно на участке вскрытия, то определить класс арматуры без отбора проб в большинстве случаев невозможно. Таким образом, в реальных условиях подобрать правильную градуированную зависимость нельзя, так как нет данных о классе арматурных стержней.

Что касается определения диаметра арматуры, выполнить измерение с высокой точностью не так просто. Если армирование выполнено из арматуры гладкого профиля, для точного измерения диаметра достаточно использовать штангенциркуль. При наличии арматуры периодического профиля точность измерения резко снижается.

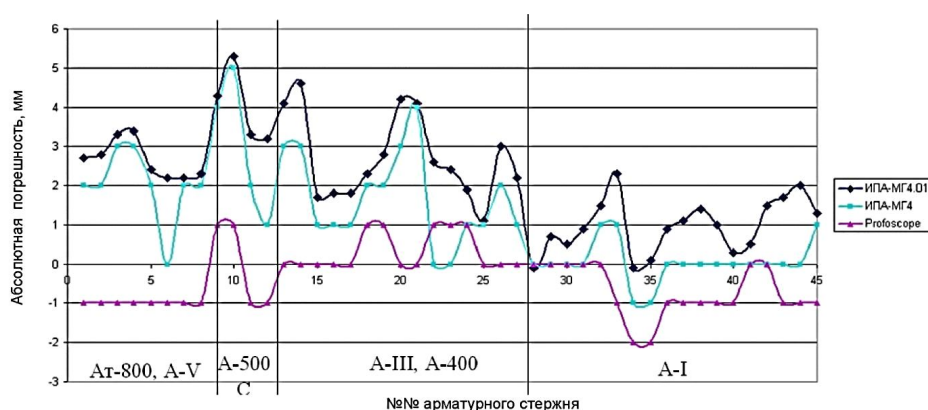
Номинальный диаметр арматуры (d_n), имеющей периодический профиль, нельзя определить прямым измерением. Согласно требованиям стандартов на изготовление арматуры, ее номинальный диаметр должен соответствовать диаметру равновеликого сечения гладкого профиля. Определить диаметр можно через объем фрагмента арматуры, зная его массу (m), длину (L) и удельный вес стали по зависимости

$$d_n = 12,74 \sqrt[3]{\frac{m}{L}} \quad d_n = 12,74 \sqrt[3]{\frac{m}{L}} (1)$$

Для реализации данного способа обязателен отбор пробы определенной длины, что

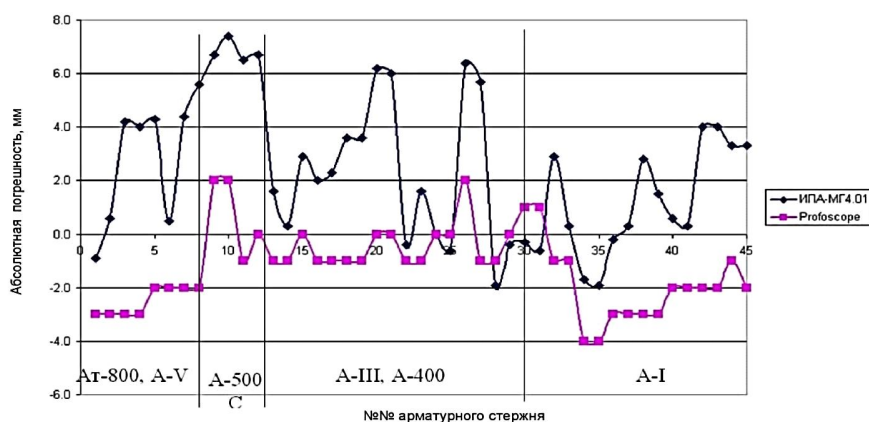
сопровождается нарушением целостности конструкции: защитного слоя и арматуры. Пренебрежение данным способом приведет к погрешности измерения диаметра периодического профиля ± 1 мм. Приближенное измерение профиля «по ребрам» и «по канавке» не даст точный результат. При этом ориентироваться на фактический диаметр соответствующий сортаменту (6,8,10,12 мм и т.д.) нельзя. По требованиям ГОСТ 10884-94 «Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия» допустимое отклонение фактического диаметра от номинального может иметь достаточно большое значение. Например, для стержней с номинальным диаметром 14 мм допустимое отклонение составляет +1,2 и -1,8 мм, то есть фактический диаметр может варьироваться от 12,2 до 15,2 мм.

Для подтверждения описываемых проблем и оценки возможной погрешности измерений автором с коллегами выполнен ряд экспериментов. Для измерений использованы приборы неразрушающего контроля, реализующие магнитный метод контроля: ИПА-МГ4, ИПА-МГ4.1 (СКБ «Стройприбор») и Profoscope (Proseq, Швейцария). Исследования выполнены на 45 образцах арматурных стержней длиной 0,5 м, диаметром 6.22 мм, классов А-I, А-III (А-400), А-500С и А-V (Ат-800). В ходе экспериментов задавался один из параметров (диаметр или защитный слой), а второй измерялся методом НК с помощью зависимостей заложенных в прибор. При этом предполагалось, что класс арматуры не известен, что соответствует реальным условиям применения. В отечественных приборах для всех измерений использовалась градуированная зависимость «арматура класса А-I». Защитный слой моделировался прокладками из немагнитного материала различных толщин: 20, 40 и 60 мм, что соответствует часто встречаемому в реальных конструкциях. Диаметр стержней, используемый в качестве исходных данных, определен взвешиванием стержней по методике, описанной выше.



Результаты экспериментов выборочно представлены на рисунках 2 и 3.

Рис. 2. Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 20 мм



По представленным графикам видно, что независимо от используемого оборудования при различных фактических значениях защитного слоя и диаметра арматуры практически все

измерения сопровождаются ошибкой. Величина погрешности различна и ее максимальное значение для отечественных приборов составляет от 5 мм (при малой величине защитного слоя) до 7 мм (при большом защитном слое). Погрешность измерения при использовании швейцарского прибора характеризуется существенно меньшими значениями, однако также имеет место.

Рис. 3. Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 60 мм

Можно утверждать, что абсолютная погрешность измерения величины защитного слоя бетона 5...7 мм не существенна. Однако надо иметь ввиду, что указанные значения защитного слоя получены при использовании градуированной зависимости с конкретным диаметром арматуры, соответствующим фактическому значению. При обследовании старых зданий без наличия документации информация о диаметрах стержней отсутствует и точно определить их можно только вскрытием. При неизвестном диаметре арматуры погрешность определения защитного слоя бетона значительно увеличится.

Аналогичные эксперименты выполнены для выявления погрешности определения диаметра арматурных стержней. На тех же образцах арматуры выполнены измерения при задании в качестве исходных данных фактического защитного слоя, моделируемого прокладками. Результаты выполненных исследований приведены на рисунках 4 и 5.

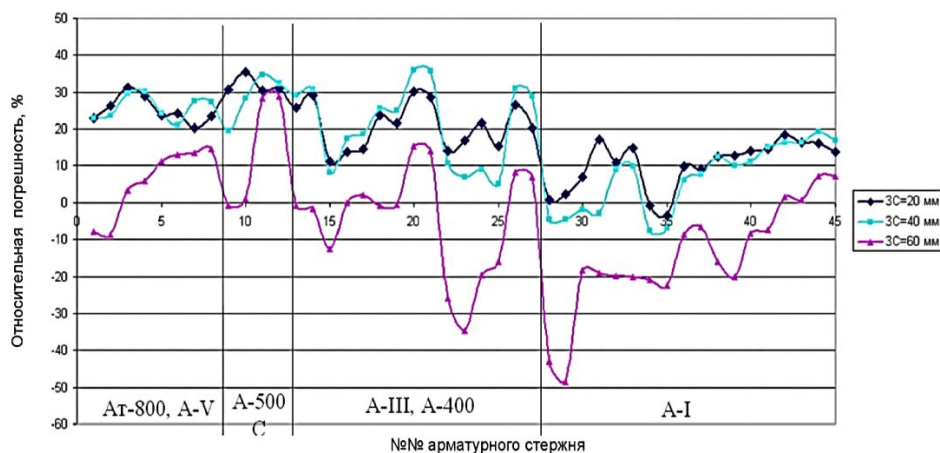


Рис. 4. Погрешность измерения диаметра арматуры прибором ИПА-МГ4.01 при различной толщине защитного слоя

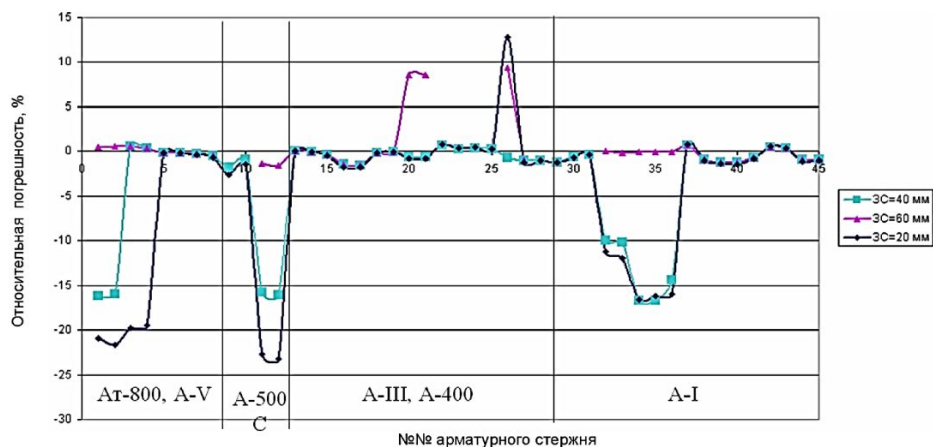


Рис. 5. Погрешность измерения диаметра арматуры прибором Profoscope при различной толщине защитного слоя

На графиках представлены отклонения измеренных значений от номинального диаметра в относительном виде. По приведенным данным видно, что погрешность измерений прибором отечественного изготовления достигает 30% и более. При использовании швейцарского прибора

большая часть измерений характеризуется высокой точностью (погрешность менее 5%). Однако, точность измерений не постоянна. На ряде стержней различных классов и диаметров погрешность достигает 15% и более.

Очевидно, что если погрешностью определения защитного слоя 5-10 мм в большинстве случаев можно пренебречь, то погрешность измерения диаметра арматуры, составляющая более 10% от номинального диаметра, недопустима. Опять же нужно отметить, что результаты экспериментов получены в условиях близких к идеальным, что в условиях обследования практически невозможно.

Выводы:

Таким образом, можно сделать вывод, что *для точного определения защитного слоя и диаметра арматуры необходимо вскрывать защитный слой*. В случае принятия погрешности, определения диаметра арматуры ± 1 мм допустимой можно ограничиться измерением во вскрытии и не отбирать образцы.

Литература:

1. **Галкин, Д.С.** Определение временного сопротивления стали эксплуатируемых строительных металлоконструкций методами твердометрии при обследовании. Вестник ПНИПУ [Текст] / А.Н. Патраков // Строительство и архитектура №1, 2010. С.85-88.
2. **Гроздов, В.Т.** Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений.- СПб [Текст] Издательский Дом KN+, 2001.-140с.
3. **Козачек, В.Г.** Обследование и испытание зданий и сооружений [Текст] / Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко и др.// Под ред. В.И. Римшина.- М.: Высшая школа, 2004.-447с.
4. **Ремнев, В.В.** Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений [Текст] / А.С. Морозов, Г.П. Тонких // Учебное пособие для вузов жд. транспорта. - М.: Маршрут, 2005.- 196с.
5. **Улыбин, А.В.** Применение зависимости «прочность-твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров [Текст] / П.А. Рогозин // Строй металл №4 (23), 2011.С. 25-27.
6. **Хомич, В.М.** Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей [Текст] / Д.Н. Логвинов // Известия вузов. Строительство, №11, 1999. С.133-137.
7. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий-М.:АО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ", 1997. -179с.