

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.В.Улыбин

к.т.н., доцент ФГБОУ СПбГПУ,
начальник отдела «Обследование зданий и сооружений»
ПНИПКУ «Венчур»

При детальном обследовании несущих конструкций из любых строительных материалов одной из главных задач является получение данных для выполнения расчетов. Для железобетонных конструкций наиболее трудным является определение параметров стальной арматуры, так как она всегда скрыта под защитным слоем бетона. Искомые параметры арматуры и возможные методы их контроля схематично представлены на рисунке 1.

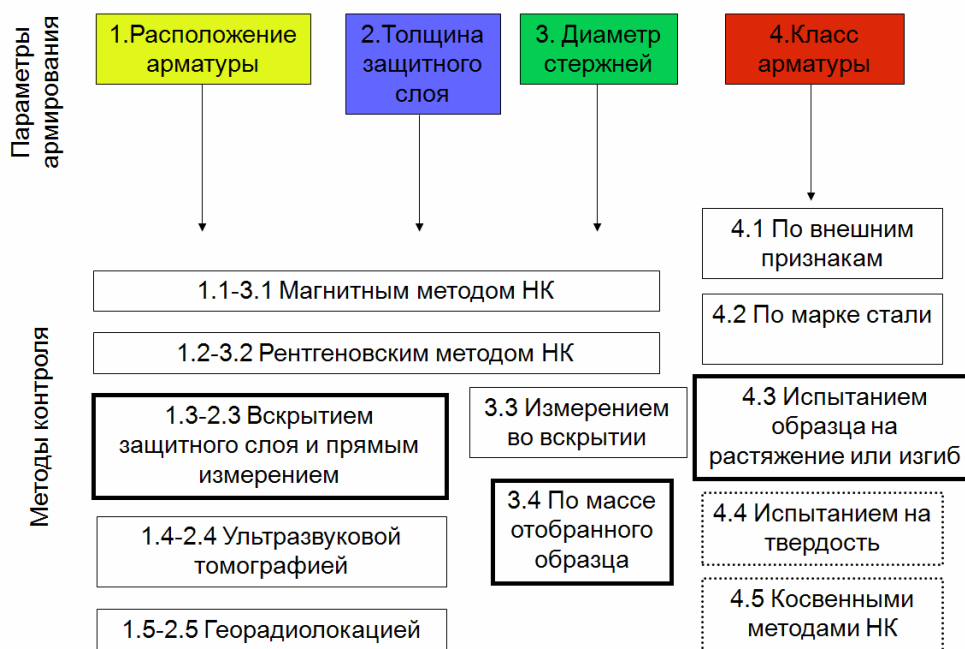


Рис. 1 Параметры армирования и методы их контроля
(жирной рамкой выделены наиболее достоверные методы)

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 параметры. Часть методов устарела, некоторые практически не применимы из-за трудностей, сопровождающих их использование. К сожалению, новый ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» касательно решения описываемых задач ссылается на старые документы и не содержит новых положений [1].

Задача №1. Определение расположения арматуры.

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. руб и заканчивая сложными автоматизированными комплексами стоимостью более 500 тыс. руб. К таким приборам относятся ИПА-МГ4 (Стройприбор), Поиск 2.5 (Интерприбор), ИЗС-10Ц, Profoscope (Proseq), Ferroscope (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...7 см) найти арматуру в толще бетона и нанести ее проекцию на поверхность с погрешностью до 1...2 см 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].

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 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 НК являются все чаще используемые в последнее время методы ультразвуковой томографии и георадиолокации [4]. Однако, в отличие от магнитного метода, применение данных методов на практике требует не только приобретения существенно более дорогостоящего оборудования (стоимость достигает 1 млн. руб. 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 НК **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.

Задачи №№ 2 и 3. Определение диаметра арматуры и величины защитного слоя.

Для определения величины защитного слоя могут быть использованы все методы НК 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 градуировочную 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

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

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 градуировочная 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 (рис.2). Диаметр стержней, используемый в качестве исходных данных, определен взвешиванием стержней по методике, описанной выше.



Рис. 2 Экспериментальное измерение параметров армирования

Результаты экспериментов выборочно представлены на рисунках 3,4.

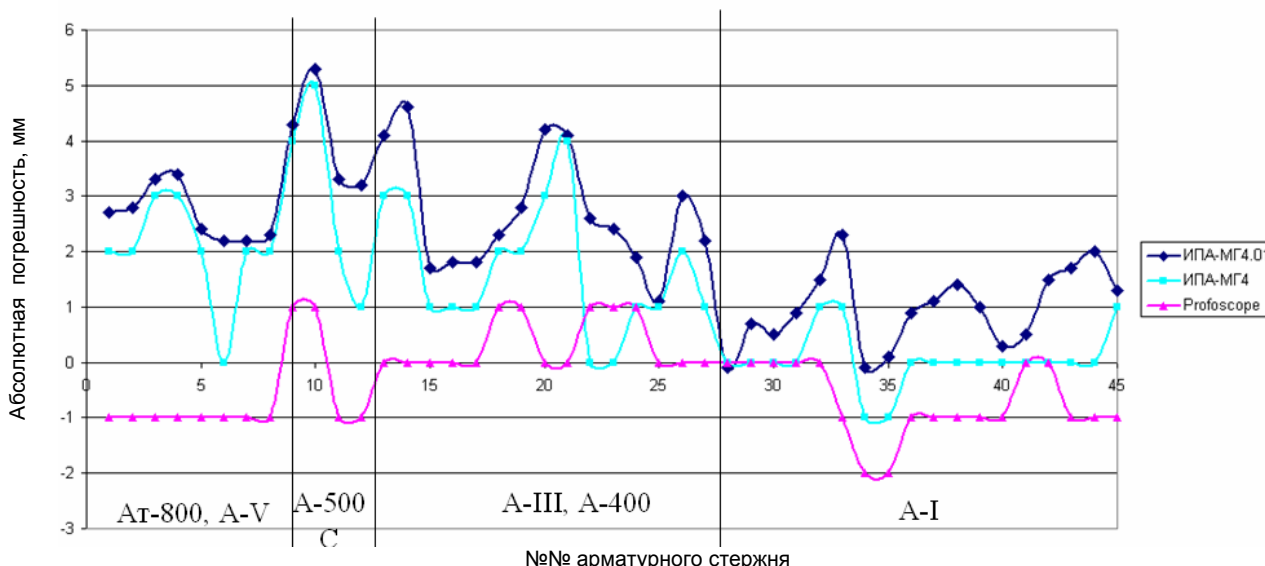


Рис. 3 Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 20 мм

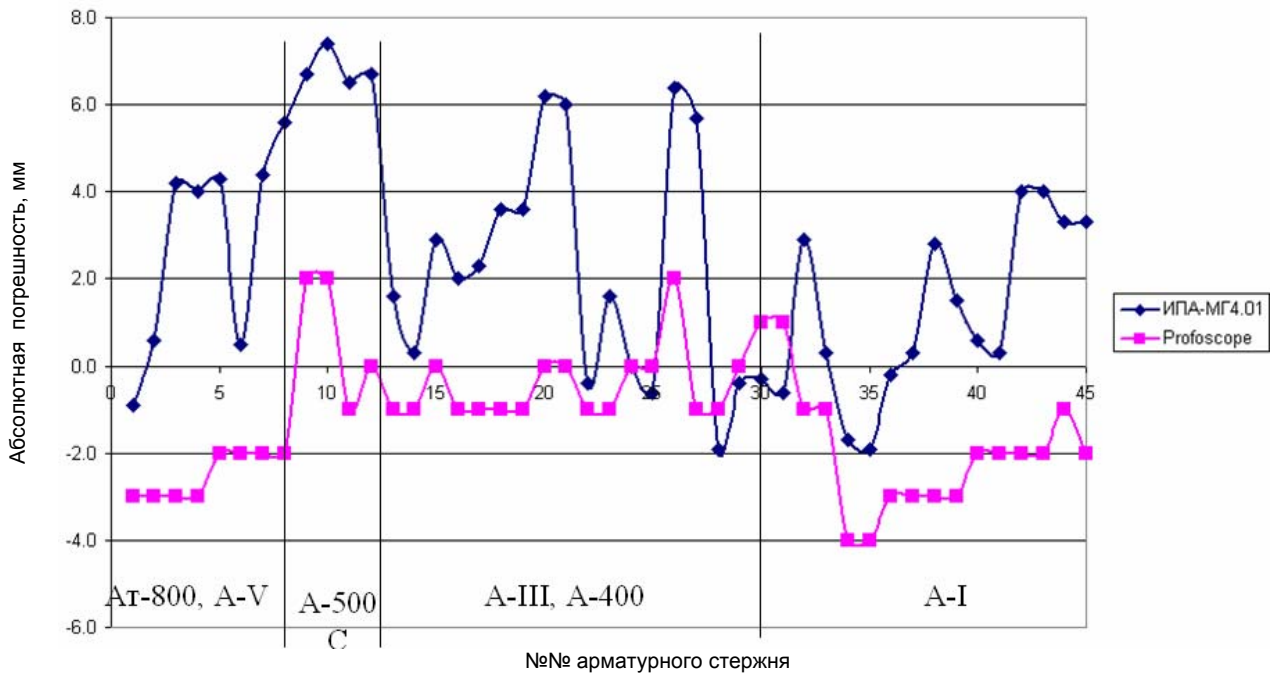


Рис. 4 Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 60 мм

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 большем защитном слое). Погрешность измерения при использовании швейцарского прибора характеризуется существенно меньшими значениями, однако также имеет место.

Можно утверждать, что абсолютная погрешность измерения величины защитного слоя бетона 5...7 мм не существенна. Однако надо иметь в виду, что указанные значения защитного слоя получены при использовании градуировочной 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 5,6.

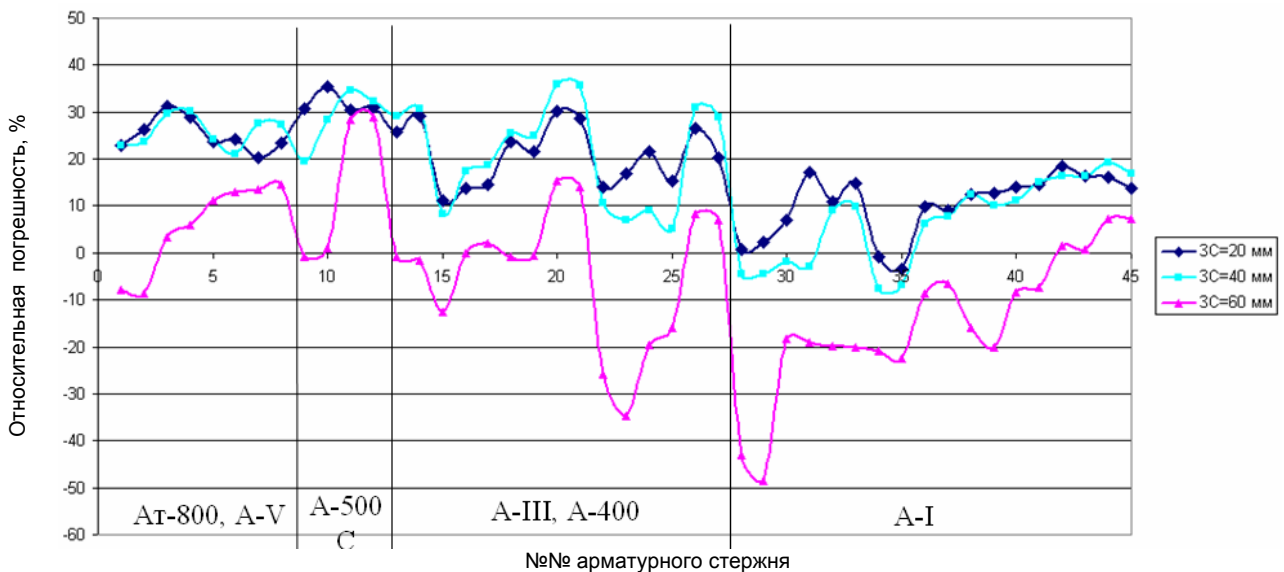


Рис. 5 Погрешность измерения диаметра арматуры прибором ИПА-МГ4.01 при различной толщине защитного слоя

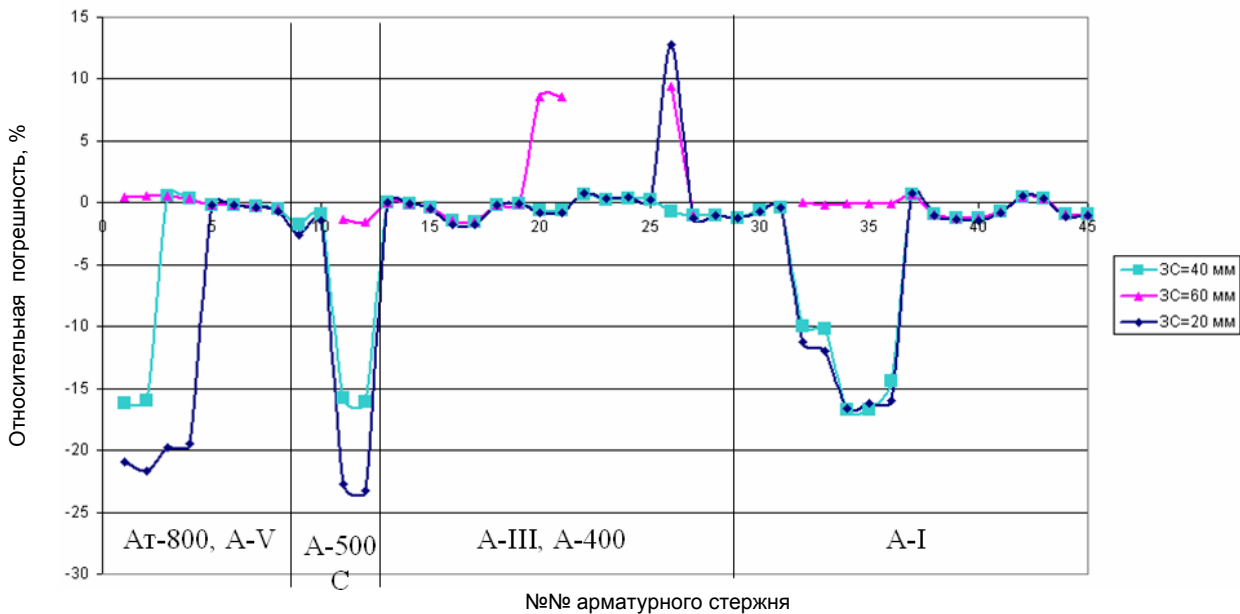


Рис. 6 Погрешность измерения диаметра арматуры прибором Profoscope при различной толщине защитного слоя

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 (защитный слой точно известен, соседние параллельные и перпендикулярные стержни отсутствуют), что в условиях обследования практически невозможно.

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.

Задача № 4. Определение класса арматуры.

Наиболее важной задачей при обследовании конструкций является определение фактического класса арматуры и, соответственно, ее прочностных параметров. Для решения этой задачи предлагаются различные подходы.

Основным нормативным методом определения прочности арматуры является испытание на растяжение отобранных образцов по ГОСТ 12004-81 «Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение» и СТО АСЧМ 2-93 «Прокат из арматурной стали. Метод испытания на растяжение». Данный метод, несмотря на его достоверность, обладает очевидным недостатком – необходимостью повреждения и, следовательно, ослабления конструкции. Для изгибаемых и густоармированных элементов (балки, плиты) отбор образца можно произвести из сечения с наименьшими расчетными усилиями (в зоне минимального момента), вплоть до отсутствия напряжений. У колонн такого сечения нет. Трудоемкость работ по отбору проб высока, а сложность восполнения поврежденного стержня еще выше.

По требованиям, приведенным в литературе [5,6], длина отбираемых образцов (l) должна быть не менее

$$l=8d+200 \text{ мм.} \quad (2)$$

По требованиям ГОСТ 12004 длина образцов для стержней диаметром менее 20 мм должна определяться как

$$l=2a+200 \text{ мм,} \quad (3)$$

где a – длина стержня, необходимая для захвата разрывной машиной.

Для стержней диаметром более 20 мм длина должна составлять

$$l=10*d +2a. \quad (4)$$

Для стержней большого диаметра можно минимизировать длину отбираемой пробы, за счет изготовления на токарном станке из более короткого стержня цилиндрического образца, соответствующего требованиям для испытания по ГОСТ 1497-84* «Металлы. Методы испытания на растяжение». Несмотря на это, во всех случаях длина отбираемой пробы существенна с точки зрения трудоемкости отбора и повреждения конструктивного элемента.

Минимальное количество образцов для испытания в различной литературе указывается по разному. Например, в п 8.3.8 СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» указано, что число стержней одного диаметра и одного профиля, вырезанное из однотипных конструкций, должно быть не менее 3. По рекомендациям ВСН 57-88 «Положение по техническому обследованию жилых зданий» прочность рабочей арматуры определяется как среднее арифметическое значение данных испытания на разрыв не менее 2 образцов. В учебном пособии [6] рекомендуется для определения прочностных и деформативных характеристик арматуры неизвестного класса испытывать не менее 10 стержней.

Помимо трудоемкости работ по отбору проб и локального ослабления конструкции, для реализации данного метода необходимо дорогостоящее лабораторное оборудование, в том числе разрывная машина.

Во многих нормативных документах, в том числе СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции», и технической литературе [5,7,8] можно встретить рекомендации по определению класса по внешним признакам. При реализации данного метода принимается, что арматура класса А-I (А-240) имеет круглое сечение, арматура класса А-II (А-300) в виде винтовой линии, а арматура класса А-III (А-400) в виде «елочки» (рис.7).

Однако, данные рекомендации явно устарели. Уже давно используется высокопрочная арматура классов А-IV (А-600)... А-VI (А-1000), изготавливаемая по ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия». Отличить по внешним признакам стержни данных классов между собой, а также от арматуры класса А-III, нельзя.

С выходом в 1993 году СТО АСЧМ 7-93 «Прокат периодического профиля из арматурной стали» и введением в 1996 году ГОСТ 10884 арматурные стержни (классы А-400С...А-600С и Ат-400...Ат-1200) стали выпускать с новым «улучшенным» профилем, ребра насечки которого имеют серповидную форму и шаг больший чем у аналогичных горячекатаных стержней по ГОСТ 5781 (рис.8). Требованиями стандарта в качестве отличительных признаков между разными классами рекомендуется выполнение прокатных меток, либо окраска концов прутков. При выполнении последнего подхода, в ходе обследования конструкций арматуру разного класса не отличить. Помимо этого, согласно п. 4.3 ГОСТ 10884 термомеханически упрочненная арматура может изготавливаться сечением, соответствующим горячекатаной арматуре по ГОСТ 5781.

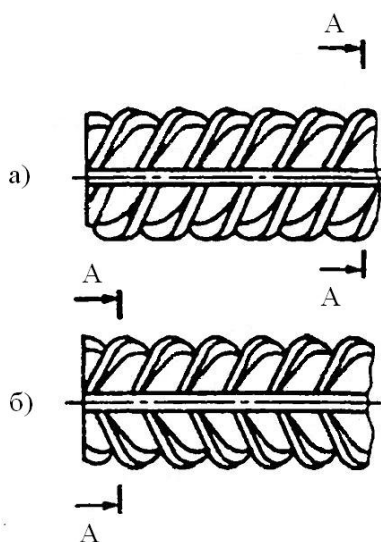


Рис. 7 Внешний вид профилей арматуры по ГОСТ 5781: а) класса А-II(А-240); б) А-III(А-400)...А-V(А-1000)

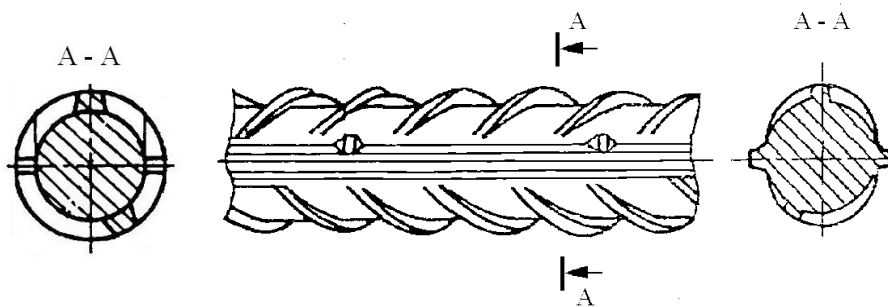


Рис. 8 Внешний вид профилей арматуры класса Ат-400...Ат-1200 по ГОСТ 10884

В соответствии с п. 1.2 ГОСТ 5781 по требованию потребителя сталь классов А-II (А300), А-III (А400), А-IV (А600) и А-V (А800) может быть изготовлена гладкого профиля. Такое же условие имеется для арматуры классов Ат-800 и выше в п. 4.3 ГОСТ 10884. Согласно п. 4.5 СТО АСЧМ 7-93 допускается изготовление стержней периодического профиля с формой насечки отличной от указанной в данном стандарте. Указанные пункты полностью перечеркивают применение метода контроля по визуальным признакам для вышеуказанной арматуры.

В последние годы активно внедряется арматура прочностью 500 МПа с новым «эффективным» профилем А500СП, изготавливаемая по требованиям ТУ 14-1-5516-2006. Данный профиль повышает

сцепление арматуры с бетоном и, кроме того, делает данную арматуру визуально отличимой от других (рис.9).

Имеется еще один вид арматуры с профилем, нормируемым требованиями ГОСТ Р 52544-2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций». Это профиль холоднодеформированной арматуры класса В500С, имеющий трехсторонние, или четырехсторонние сегментные серповидные ребра (рис.10)

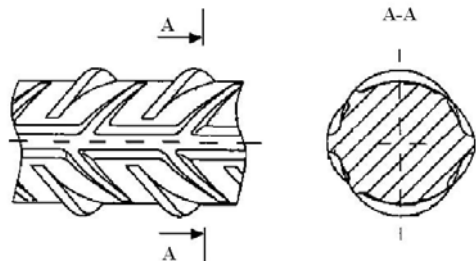


Рис. 9 Внешний вид профилей арматуры класса А-500СП

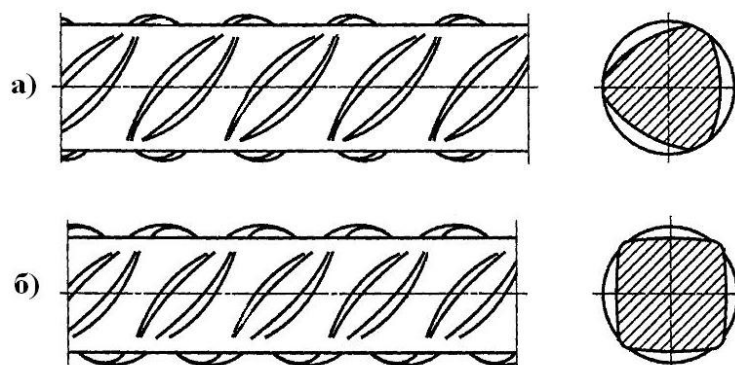


Рис. 10 Внешний вид профилей арматуры класса В-500С по ГОСТ Р 52544: а) с трехсторонним серповидным профилем, б) с четырехсторонним серповидным профилем.

По приведенной выше информации можно сделать вывод, что четко отличить по внешним признакам можно только арматурные стержни периодического профиля классов А-II, А-500 СП и В-500С. Однако арматура класса А-II на сегодняшний день применяется редко [9]. Арматура новых профилей еще не так популярна, а при обследовании большинство объектов – это старые здания и сооружения, построенные с использованием арматуры старых типов. Иными словами, **определить класс арматуры только по внешним признакам в большинстве случаев нельзя.**

Другим, казалось бы возможным, методом выявления класса арматуры, является определение химического состава арматурной стали. На сегодняшний день, с учетом доступности выявления химического состава стали методом спектрального анализа, данный способ мог бы быть жизнеспособным. Размеры образцов, отбираемых для химического анализа, в десятки раз меньше, чем для испытания на растяжение, и нарушение целостности конструкции не столь существенно. Имеется портативное оборудование, позволяющее выполнять спектральный анализ непосредственно на объекте. Однако, такой подход мог быть реализован только до конца 80-х - начала 90-х годов, т.е. до широкого внедрения термомеханически упрочненной арматуры. По требованиям ГОСТ 5781 различным классам арматуры соответствовали различные марки используемых сталей: от СтЗсп (А-240) до 22Х2Г2АЮ (А-1000). С введением ГОСТ 10884 данная однозначность исчезла. На сегодняшний день сталь одной марки может применяться для изготовления арматурных стержней различных классов, как по разным стандартам, так и в пределах одного. Например, сталь 35ГС используется для изготовления арматуры классов А-III (ГОСТ 5781) А600С, Ат800, Ат800к (ГОСТ 10884), А-IIIв, Ат-VI; сталь 25Г2С для изготовления арматуры классов А400 (ГОСТ 5781), Ат800 (ГОСТ 10884). Таким образом, **выявление химического состава и марки стали не позволит сделать однозначный вывод о классе арматуры.**

Перспективным методом определения класса арматуры является определение по измерению твердости стали. Исследованию зависимости между прочностью и твердостью сталей посвящено много работ. Основополагающая зависимость для сталей отражена в ГОСТ 22761-77 «Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия». На возможность применения данного метода для арматуры железобетонных конструкций при техническом обследовании указывается в пособии [7]. При этом рекомендуется использовать портативные твердомеры. Однако, при практическом применении данного метода возникает ряд проблем и вопросов.

На результат измерений и возможность их выполнения влияет целый ряд факторов:

- расположение участка измерения (торцевой срез, боковая поверхность) и влияние периодичности профиля;
- ограничения применяемых методов измерения (статический, динамический, ультразвуковой);
- шероховатость поверхности участка измерения;
- влияние на твердость исследуемого слоя метода подготовки поверхности (обрезка, зачистка, шлифовка, полировка);
- выбор частной градуировочной зависимости между твердостью и прочностью;
- влияние марки стали на применяемую зависимость;

- влияние вида упрочнения арматуры (термомеханическое, холодная деформация, вытяжка) на используемую зависимость;
- прочие факторы.

Исследованию влияния некоторых из указанных факторов на результат измерения твердости стальных образцов посвящены различные работы [10-13].

Определенные положительные результаты получены в ходе экспериментальных исследований, выполненных автором на арматурных стержнях различных классов. Исследования проведены для арматуры классов А-I, А-III (А-400) и А-V (Ат-800), при диаметре стержней от 12 до 22 мм. Измерения производились на торцевой поверхности образцов арматуры длиной 0,5 м. Для выполнения работ применялся прибор МЕТ-УД, реализующий ультразвуковой метод контроля. На каждом стержне производилось по 10 единичных измерений с последующим осреднением значения твердости.

Поперечный (торцевой) срез арматуры изготавливался 2 способами:

1. Торцевкой с помощью монтажной пилы с абразивным диском и последующей шлифовкой (с термическим влиянием (ТВ));
2. Торцевкой на токарном станке и последующей шлифовкой (условно без термического влияния (без ТВ)).

Прочность арматурных стержней определялась по сертификатам заводов изготовителей. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис.11.

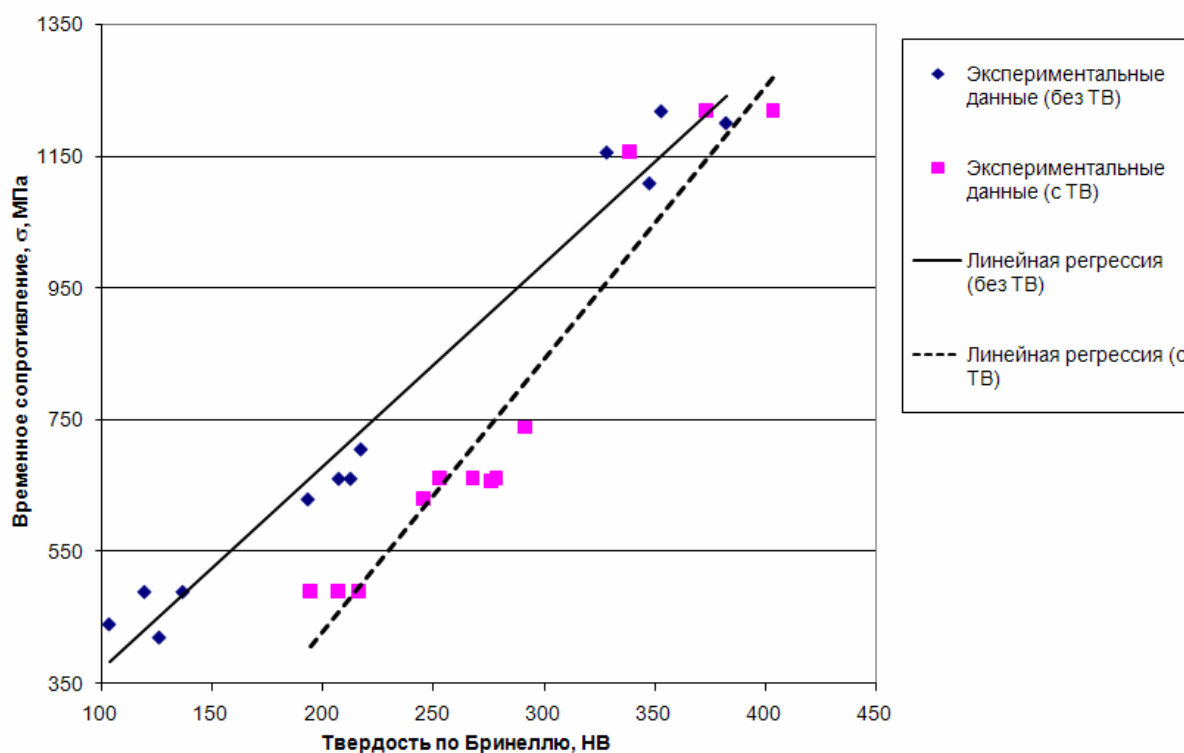


Рис. 11 Зависимость между твердостью и временным сопротивлением арматурной стали

Как видно по зависимостям на рис.11, значения твердости, полученные при разных видах обработки торцов арматуры, существенно отличаются. При этом твердость тонкого поверхностного слоя стали, в котором выполнены исследования (особенность ультразвукового метода), после торцевки с повышенным температурным влиянием явно завышены. Это можно утверждать потому, что твердость стали Ст3, из которой выполнена арматура А-I (нижняя группа точек на рис.11), при прочности 420-490 МПа (по данным сертификатов) не может составлять 200 единиц по шкале Бринелля. Также по графикам видно, что с увеличением класса арматуры изменение твердости за счет термического влияния уменьшается. При классе арматуры А-800 результаты измерений практически полностью соответствуют зависимости, полученной при измерениях после холодной торцевки.

По результатам исследований, выполненных на образцах изготовленных, без температурного влияния, получено уравнение регрессии:

$$\sigma_B = 3,1 * HB + 143 \quad (5)$$

Определенный экспериментально коэффициент регрессии близок к аналогичному коэффициенту в зависимостях, указанных в пособиях [5,7]. Коэффициент корреляции по полученной зависимости

составил 0,986, что даже при малой выборке эксперимента свидетельствует о наличии тесной корреляционной связи между измеряемым и искомым параметрами.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что использование измерений твердости стали для определения класса арматуры весьма достоверно и обосновано. Необходимо отметить, что речь идет не об определении точного значения временного сопротивления стали и предела текучести, а об идентификации класса арматуры по попаданию полученных значений твердости (прочности) в тот или иной диапазон значений, соответствующий определенному классу. Проведенные исследования выполнены на образцах арматуры, что не делает указанный способ неразрушающим. Однако, размеры отбираемых проб для реализации метода во много раз меньше, чем требуемые для испытаний на растяжение. Данные условия приемлемы при использовании статического и ультразвукового методов определения твердости.

Перспективным представляется применение неразрушающего метода контроля (например, ультразвукового) для измерения твердости в полевых условиях на боковой поверхности арматуры без ее вырезания из конструкции. Реализация данного способа требует выполнения дополнительных исследований, направленных на выявление возможности создания необходимых условий для проведения измерений и их влияния на погрешность. Также необходимо выполнение исследований с существенно большей выборкой для четкого определения диапазонов твердости, соответствующих классам арматуры, применяемой на сегодняшний день в строительстве. Решению данных задач будут посвящены последующие работы.

В качестве заключения, отметим следующее.

1. Несмотря на наличие различных методов контроля расположения арматурных стержней в теле бетона, наиболее достоверным и универсальным методом является определение расположения арматуры путем вскрытия защитного слоя.
2. Тоже самое приходится констатировать для решения задачи по точному определению защитного слоя и диаметра арматуры.
3. Для точного измерения диаметра арматуры периодического профиля необходим отбор образца для последующего взвешивания. Однако, учитывая невысокую погрешность при пренебрежении данным методом, и высокую сложность отбора образцов обычно данный метод используют только в случае наличия образцов, отобранных для других целей.
4. Среди методов, позволяющих определить класс арматуры наиболее перспективным представляется метод измерения твердости. При выполнении соответствующих исследований и разработке практических рекомендаций метод можно применять без отбора проб, на поверхности стержней непосредственно на участке вскрытия.

Источники

1. Ватин Н.И., Улыбин А.В., Огородник В.М. ГОСТ Р 53778-2010: обследование инженерных сетей и другие особенности нового нормативного документа // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – №1(19). – С. 5-7.
2. Concrete construction engineering handbook. Chapter 19.- Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.- P 47-51.
3. M. A.J. Mariscotti Investigations with reinforced concrete tomography / M. A.J. Mariscotti, P. Thieberger, T. Frigerio, F. Mariscotti, M. Ruffolo // 12th International Conference «Structural Faults & Repairs»/ Edinburgh, 2008 http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf
4. Yong Hao, Zheng Ee, Kee Ee Evaluation of Concrete Structures by Advanced Nondestructive Test Methods -Impact Echo Test, Impulse Response Test and Radar Survey // International Symposium «NDT-CE»/ Berlin, 2003 <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v100/v100.htm>
5. Ремнев В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта.-М.: Маршрут, 2005.- 196 с.
6. Обследование и испытание зданий и сооружений./ В.Г. Козачек, Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко и др.; Под ред. В.И. Римшина.- М.: Высшая школа, 2004.-447 с.
7. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. - М.:АО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ", 1997.- 179с.
8. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений.- СПб: Издательский Дом KN+, 2001.-140 с.
9. Ремнев В.В. Жесткий подход // Строительный эксперт №21-22 (312), 2010.- С. 1-2
10. В.М.Хомич, Д.Н.Логвинов Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей // Известия вузов. Строительство, №11, 1999.- С.133-137.
11. Улыбин А.В., Rogozin П.А. Применение зависимости «прочность-твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров // Стройметалл №4 (23), 2011.- С. 25-27.
12. Галкин Д.С., Патраков А.Н. Определение временного сопротивления стали эксплуатируемых строительных металлоконструкций методами твердометрии при обследовании // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура №1, 2010.- С.85-88.

13. Улыбин А.В., Rogozin П.А., Кукушкина Г.А. Оценка прочности стальных конструкций и арматуры по измерению твердости стали // Мир строительства и недвижимости, №42.- С.22-24.

АННОТАЦИЯ

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. Приводятся данные, в том числе экспериментальные, о перспективности применения метода измерения твердости для определения класса арматуры.

Ключевые слова: класс арматуры, параметры армирования, железобетонные конструкции, неразрушающий контроль, обследование зданий.

INSPECTION METHODS OF REINFORCEMENT PARAMETERS OF CONCRETE STRUCTURES

A.V. Ulybin

ABSTRACT

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. The availability data of applying the method of hardness measuring for the reinforcement class determination is adduced.

Key words: a class of reinforcement, reinforcement parameters, reinforced concrete structure, non-destructive testing, an inspection of structures