

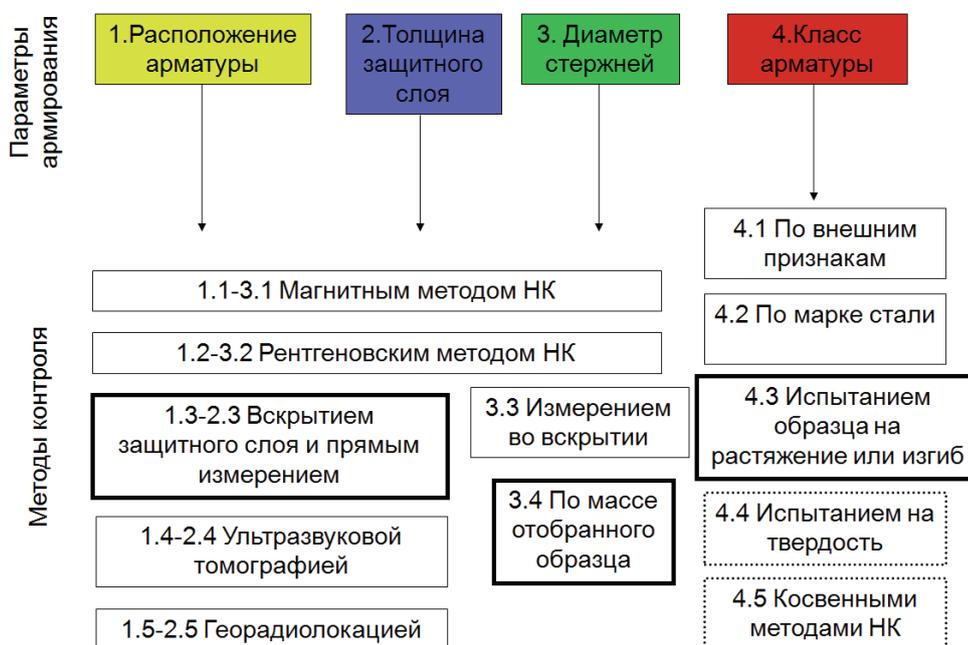
## Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций

*К.т.н., доцент А.В. Улыбин\**

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, отдел «Обследование зданий и сооружений» ПНИПКУ «Венчур»*

**Ключевые слова:** класс арматуры; параметры армирования; железобетонные конструкции; неразрушающий контроль; обследование зданий

При детальном обследовании несущих конструкций из любых строительных материалов одна из главных задач – это 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.



**Рисунок 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 некоторых из них регламентируется требованиями ГОСТ. Однако не все методы 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» относительно 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 (Proceq), Ferroscope (Hilti) и другие. Несмотря на большой выбор приборов и широкий диапазон цен на них, 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 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 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 больше погрешность измерения.

При обследовании конструкций обычно все указанные параметры являются неизвестными. Для получения достоверного результата можно сделать несколько вскрытий, которые позволят определить диаметр или величину защитного слоя, а затем контролировать армирование на других участках, пользуясь полученными исходными данными. Однако такой подход жизнеспособен только в том случае, когда вне зоны вскрытия использовано армирование, совпадающее с выявленным (т.е. вся арматура имеет одинаковый диаметр). Такая ситуация встречается далеко не всегда.

Существует вторая проблема, решить которую сложнее. 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  $\pm 1$  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 были использованы приборы неразрушающего контроля, реализующие магнитный метод контроля: ИПА-МГ4, ИПА-МГ4.1 (СКБ «Стройприбор») и Profoscope (Proceq, 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 неизвестен, 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 условиям реальных конструкций (рис. 2). Диаметр стержней, используемый в качестве исходных данных, определен взвешиванием стержней по методике, описанной выше.

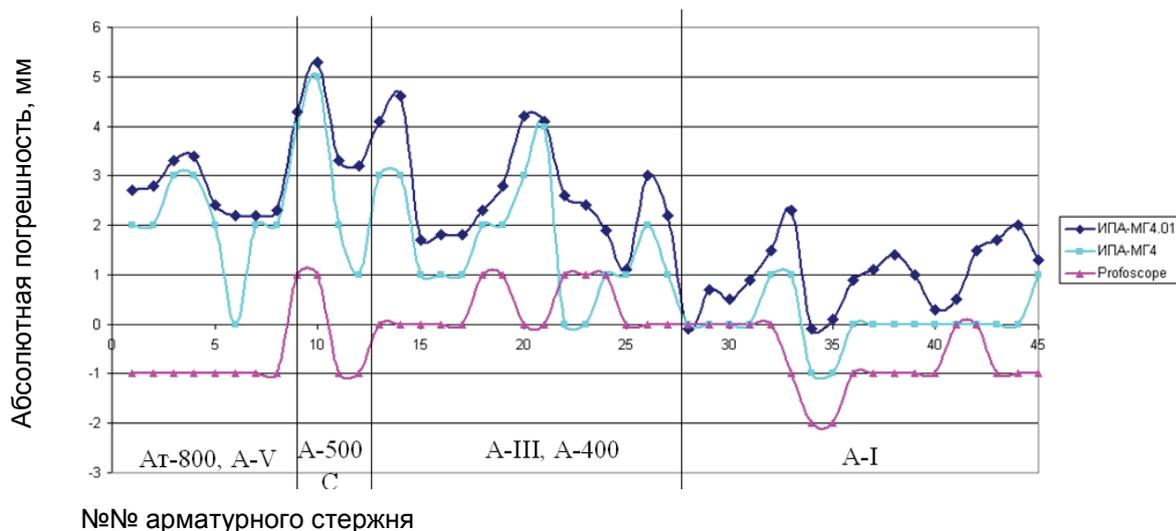


**Рисунок 2. Экспериментальное измерение параметров армирования**

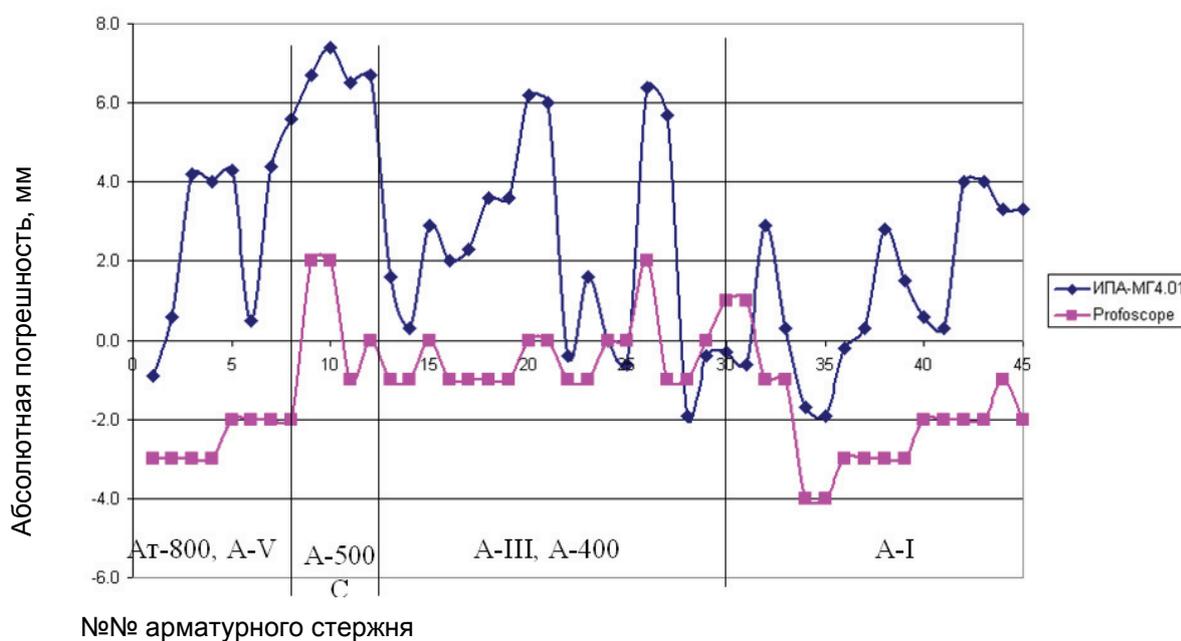
Результаты экспериментов выборочно представлены на рис. 3, 4.

Из представленных графиков 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 незначительна. 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 увеличивается.



**Рисунок 3. Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 20 мм**



**Рисунок 4. Погрешность измерения защитного слоя при фактической величине 60 мм**

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 рис. 5, 6.

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. При этом нужно отметить, что результаты экспериментов получены в условиях, близких к идеальным (защитный слой точно известен, соседние параллельные и перпендикулярные стержни отсутствуют), что при реальном обследовании практически невозможно.

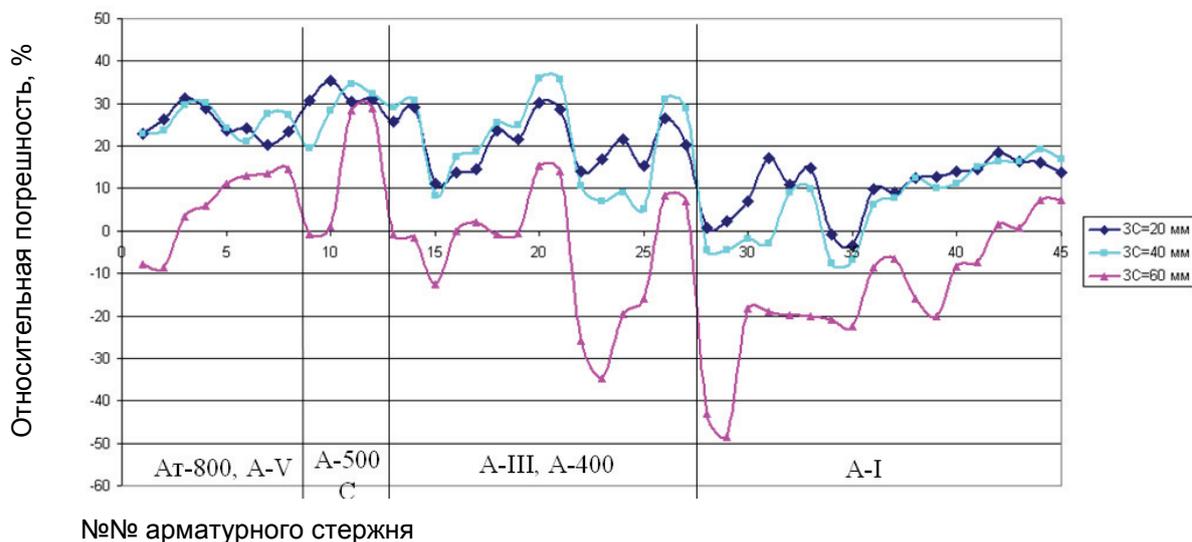


Рисунок 5. Погрешность измерения диаметра арматуры прибором ИПА-МГ4.01 при различной толщине защитного слоя

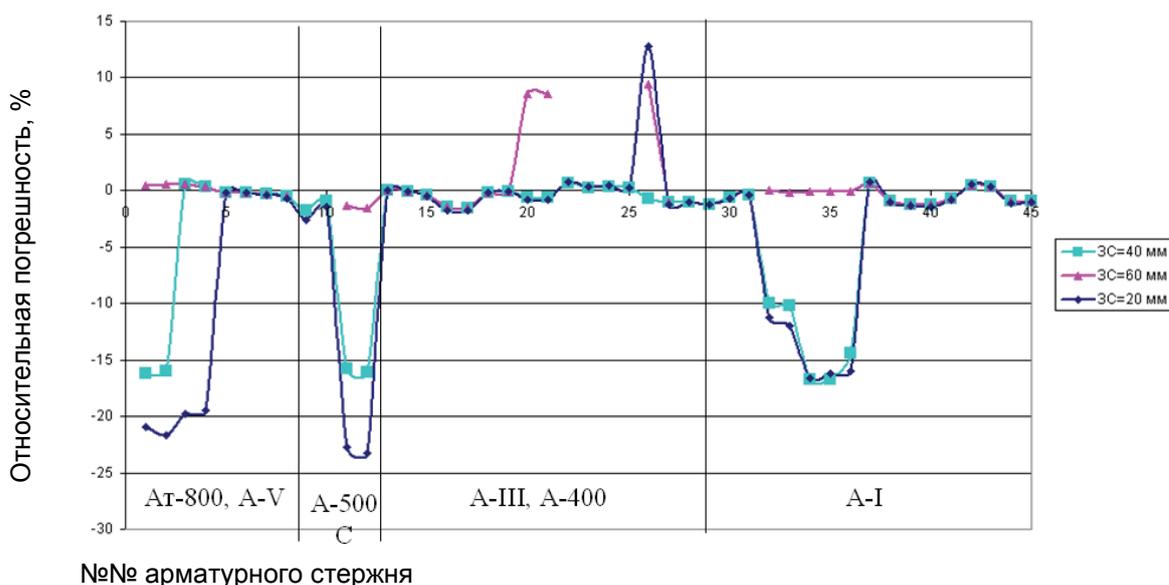


Рисунок 6. Погрешность измерения диаметра арматуры прибором Profoscope при различной толщине защитного слоя

Таким образом, можно сделать вывод, что **для точного определения защитного слоя и диаметра арматуры необходимо вскрывать защитный слой**. В случае, если погрешность определения диаметра арматуры  $\pm 1$  мм принимается допустимой, можно ограничиться измерением во вскрытии и не отбирать образцы.

#### Задача № 4. Определение класса арматуры

Наиболее важная задача при обследовании конструкций – это 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) – сечение 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.

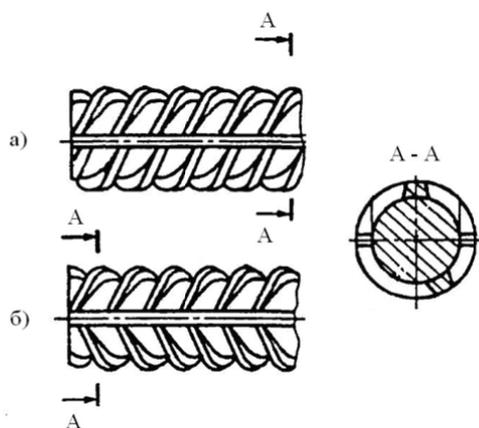


Рисунок 7. Внешний вид профилей арматуры по ГОСТ 5781: а) класса А-II (А-240); б) А-III (А-400)...А-V (А-1000)

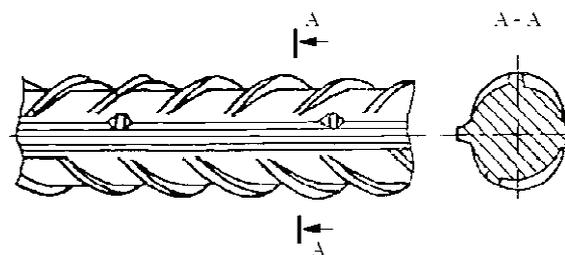


Рисунок 8. Внешний вид профилей арматуры класса Аt-400...Аt-1200 по ГОСТ 10884

С выходом в 1993 году СТО АСЧМ 7-93 «Прокат периодического профиля из арматурной стали» и введением в 1996 году ГОСТ 10884-94 «Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций» арматурные стержни (классы А-400С...А-600С и Аt-400...Аt-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.

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 Аt-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).

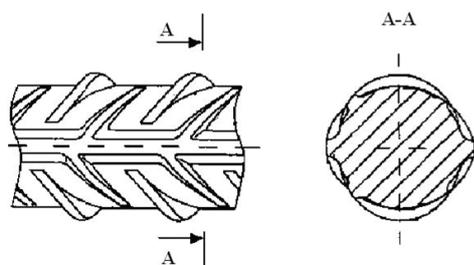


Рисунок 9. Внешний вид профилей арматуры класса А-500СП

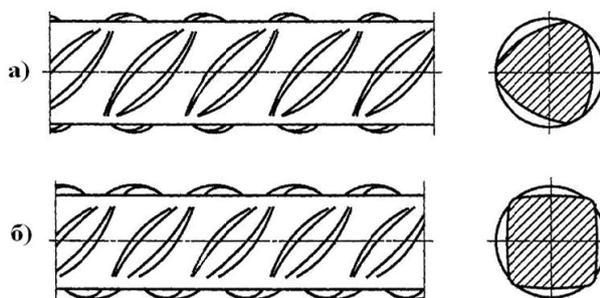


Рисунок 10. Внешний вид профилей арматуры класса В-500С по ГОСТ Р 52544: а) с трехсторонним серповидным профилем, б) с четырехсторонним серповидным профилем

На основе приведенных выше сведений 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].  
Улыбин А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций

Арматура новых профилей еще недостаточно популярна, кроме того, большинство объектов обследования – 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, а нарушение целостности конструкции не столь существенно. Существует 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 момента 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 позволяет 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 периодичность профиля;
- ограничения применяемых методов измерения (статический, динамический, ультразвуковой);
- шероховатость поверхности участка измерения;
- метод 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].

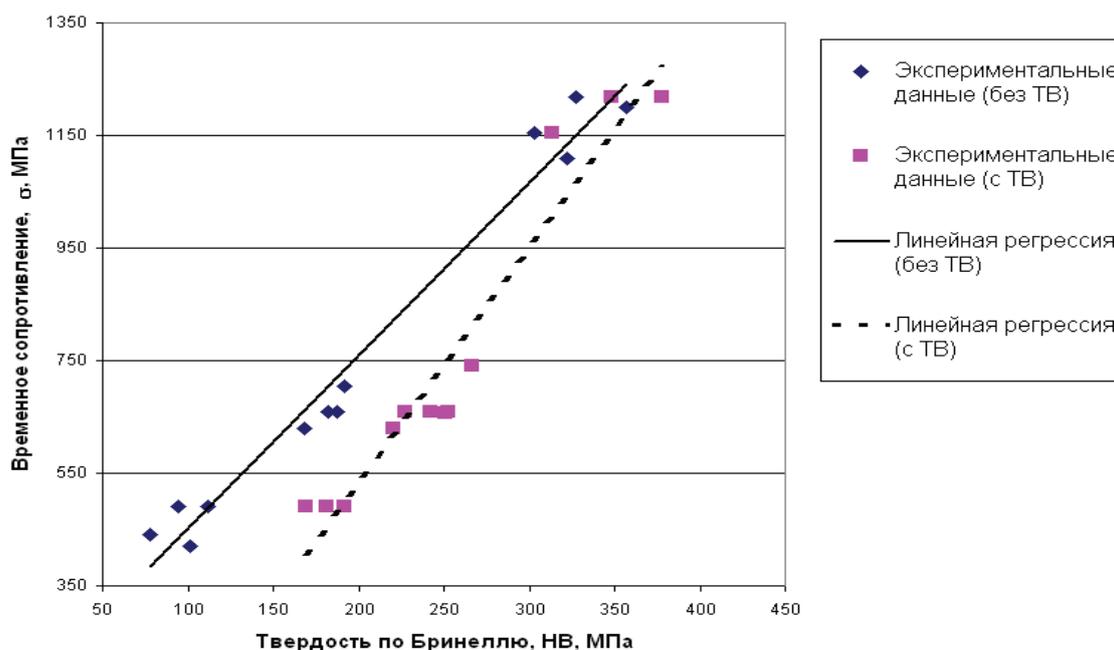
Определенные положительные результаты получены в ходе экспериментальных исследований, выполненных автором на арматурных стержнях различных классов. Исследования проведены для арматуры классов А-I, А-III (А-400) и А-V (Ат-800) при диаметре стержней от 12 до 22 мм. Измерения производились на торцевой поверхности 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 усреднением значения твердости.

Поперечный (торцевой) срез арматуры изготавливался 2 способами:

- 1) торцовкой с помощью монтажной пилы с абразивным диском и последующей шлифовкой (с термическим влиянием (ТВ);
- 2) торцовкой 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.

Улыбин А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций



**Рисунок 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 торцовки с повышенным температурным влиянием явно завышены. Это можно утверждать потому, что твердость стали Ст3, из которой выполнена арматура А-1 (нижняя группа точек на рис.11), при прочности 420-490 МПа (по данным сертификатов) не может составлять 200 МПа 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 торцовки.

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 проведение 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. То же 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.

### Литература

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. Pp. 47-51.
3. Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T., Mariscotti F., Ruffolo M. Investigations with reinforced concrete tomography [Электронный ресурс] // 12th International Conference «Structural Faults & Repairs». Edinburgh, 2008. URL: [http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations\\_RCT\\_2.pdf](http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf) (Дата обращения: 31.01.2012).
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 [Электронный ресурс] // International Symposium «NDT-CE». Berlin, 2003. URL: <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v100/v100.htm> (Дата обращения: 31.01.2012).
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. Козачек В. Г., Нечаев Н. В., Нотенко С. Н. Обследование и испытание зданий и сооружений. М. : Высшая школа, 2004. 447 с.
7. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий / АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». М. , 1997. 179 с.
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. 2010. №21-22 (312). С. 1-2.
10. Хомич В. М., Логвинов Д. Н. Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей // Известия вузов. Строительство. 1999. №11. С. 133-137.
11. Улыбин А. В., Rogozin П. А. Применение зависимости «прочность-твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров // Стройметалл. 2011. №4 (23). 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. 2010. №1. 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. 2011. №42. С. 22-24.

*\*Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербург, Россия*

*Тел. раб.: +7(812)535-57-82; эл. почта: [ulybin@mail.ru](mailto:ulybin@mail.ru)*

doi: 10.5862/MCE.27.1

# Inspection methods of reinforcement parameters of concrete structures

**A. V. Ulybin***Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia  
+7(812)535-57-82; e-mail: ulybin@mail.ru*

## Key words

class of reinforcement; reinforcement parameters; reinforced concrete structure; non-destructive testing; an inspection of structures

## Abstract

One of the main objectives during the detailed examination of the supporting structures made from any construction materials is receiving data to perform calculations. For reinforced concrete structures the most difficult task is to determine the parameters of steel reinforcement, as it is always under a protective layer of concrete.

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.

## References

1. Vatin N. I., Ulybin A. V., Ogorodnik V. M. *Magazine of civil engineering*. 2011. No. 1(19). Pp. 5-7.
2. *Concrete construction engineering handbook*. Chapter 19. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997. Pp. 47-51.
3. Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T., Mariscotti F., Ruffolo M. Investigations with reinforced concrete tomography. *Structural Faults & Repairs. 12th International Conference*. Edinburgh: 2008. [Electronic document]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: [http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations\\_RCT\\_2.pdf](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. *NDT-CE. International Symposium*. Berlin: 2003. [Electronic document]. System requirements: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v100/v100.htm>
5. Remnev V. V., Morozov A. S., Tonkikh G. P. *Obsledovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy*. Uchebnoye posobiye dlya vuzov zh.-d. transporta [Inspection of technical condition of building structures and buildings. A manual for Railroad transport universities]. Moscow: Marshrut, 2005. 196 p.
6. Kozachek V. G., Nechayev N. V., Notenko S. N. *Obsledovaniye i ispytaniye zdaniy i sooruzheniy* [Inspection and testing of buildings and structures]. Moscow: Vysshaya shkola, 2004. 447 p.
7. *Posobiye po obsledovaniyu stroitelnykh konstruksiy zdaniy* [Manual for inspection of building structures]. Moscow: AO "TsNIIPROMZDANIY", 1997. 179 p.
8. Grozdov V. T. *Tekhnicheskoye obsledovaniye stroitelnykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy* [Technical inspection of buildings and constructions]. Saint-Petersburg: Izdatelskiy Dom KN+, 2001. 140 p.
9. Remnev V. V. *Stroitelnyy ekspert* [Building expert]. 2010. No. 21-22 (312). Pp. 1-2
10. Khomich V. M., Logvinov D. N. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo* [Proceedings of the universities. Building]. 1999. No. 11. Pp. 133-137.
11. Ulybin A. V., Rogozin P. A. *Stroy metall*. 2011. No. 4 (23). Pp. 25-27.
12. Galkin D. S., Patrakov A. N. *Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of PNIPU. Building and architecture]. 2010. No. 1. Pp. 85-88.
13. Ulybin A. V., Rogozin P. A., Kukushkina G. A. *Mir stroitelstva i nedvizhimosti* [World of construction and real estate]. No. 42. Pp. 22-24.

**Full text of this article in Russian: pp. 4-13**