

УДК 620.169.2

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА АРМАТУРЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Т.Г. ЕРМОЛАЕВА, К.А. КОСТЮРИНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. КОЛТУНОВ)

*Рассматривается одно из важнейших направлений в области контроля качества материалов и изделий – разработка и усовершенствование различных методов и средств контроля состояния железобетонных конструкций жилых и промышленных сооружений. Показаны методы определения класса арматуры при обследовании железобетонных конструкций.*

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.

Так, при обследовании железобетонных элементов зданий и сооружений, спроектированных в период с 1970 по 2000 год, наиболее трудной задачей является определение параметров стальной арматуры. Самым сложным в определении и важным для результатов расчета является определение принадлежности арматуры к определенному классу.

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.

Существующие методы контроля искомых параметров арматуры схематично показаны в таблице.

Методы контроля параметров армирования

Параметры армирования	Расположение арматуры	Толщина защитного слоя	Диаметр стержней	Класс арматуры
Методы контроля	Магнитный метод	Магнитный метод	Измерение во вскрытии	По внешним признакам
	Рентгеновский метод	Рентгеновский метод		По марке стали
	Вскрытие защитного слоя и прямое измерение		По массе отобранного образца	Испытание образца на растяжение или изгиб
	Ультразвуковая томография			Испытание на твердость
	Георадиолокация			Косвенные методы

Основным нормативным методом определения прочности арматуры на сегодняшний день является испытание отобранных образцов на растяжение. Данный метод считается наиболее достоверным, однако его существенный недостаток – необходимость повреждения конструкции с целью извлечения образцов, что приводит к ее ослаблению. Работы по отбору проб весьма трудоемки, а сложность восполнение поврежденного стержня очень высока.

По требованиям длина отбираемых образцов должна быть не менее:

$$l = 8d + 200 \text{ мм.} \quad (1)$$

А для стержней диаметром менее 20мм должна определяться как:

$$l = 2a + 200 \text{ мм,} \quad (2)$$

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

Для стержней диаметром более 20мм:

$$l = 10d + 2a \text{ мм.} \quad (3)$$

Минимальное количество образцов для испытания в различной литературе варьируется от 2 до 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. 1).

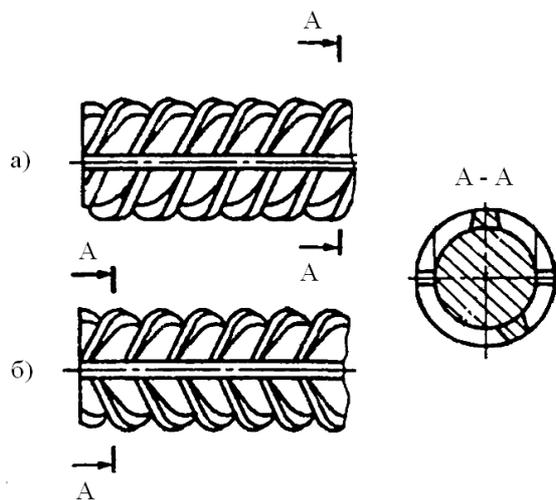


Рис. 1. Внешний вид профилей арматуры:  
а – класс АII (А-240); б – классы АIII (А-400) – АV (А-1000)

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. 2).

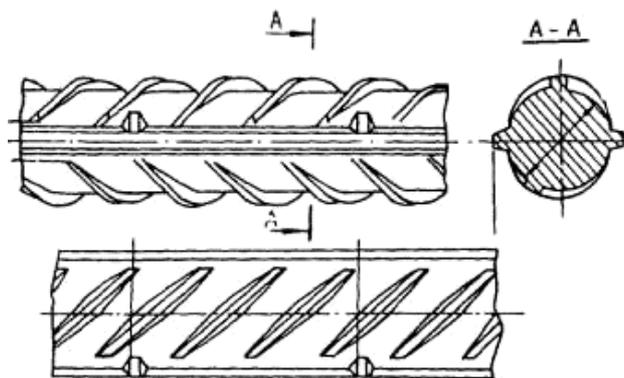


Рис. 2. Внешний вид профилей арматуры класса Ат – 400, ..., Ат – 1200 по ГОСТ 10884

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 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.

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 серповидные ребра (рис. 3).

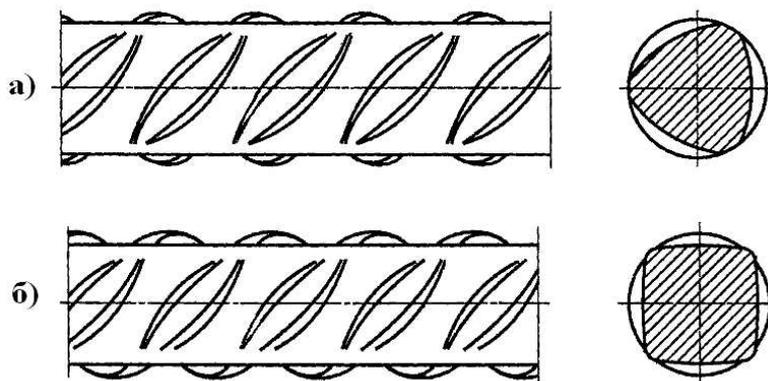


Рис. 3. Внешний вид профилей арматуры класса В-500С по ГОСТ Р52544:  
а – с трехсторонним серповидным профилем; б – с четырехсторонним серповидным профилем

По приведенной выше информации можно сделать вывод, что четко отличить по внешним признакам можно только арматурные стержни периодического профиля классов А-П, А-500 СП и В-500С. Однако арматура класса А-П на сегодняшний день применяется редко. 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 не представляется возможным.

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-Шв, 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 считается определение класса арматурных стержней по измерению твердости стали. Исследованиям зависимости между прочностью и твердостью сталей на сегодняшний день посвящено много работ [4; 5; 7]. основополагающая зависимость для сталей отражена в ГОСТ 22761-77 «Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия».

Однако, несмотря на всю привлекательность данного метода, на результаты измерений и их выполнение 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 способа 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.

Применение метода основано на известной зависимости параметров прочности стали (временное сопротивление, предел текучести  $\sigma_T$ ) с твердостью по шкале Бринелля.

Твердость по шкале Бринелля можно определить как испытанием на прессе Бринелля (по требованиям ГОСТ), так и измерением твердости по другим шкалам (Роквелла, Виккерса, Шора) и пересчетом в твердость по Бринеллю. Имеется большой выбор портативных приборов, позволяющих определять твердость стали в полевых условиях. Приборы реализуют различные методы, например: динамический – серия приборов ТЭМП (аналог измерений по Шору), ультразвуковой – приборы серии МЕТ-У (по Виккерсу), статический – Equostat (по Роквеллу) и др.

При использовании стационарных твердомеров обеспечить точность измерений гораздо проще. Это связано как с меньшей погрешностью стационарных приборов по сравнению с портативными, так и с возможностью качественной подготовки поверхности отобранных образцов. Но последний плюс включает в себе и основной недостаток – необходимость отбора образцов, что является самым трудоемким мероприятием и не всегда возможным. Поэтому, несмотря на увеличение погрешности, предпочтение отдается использованию портативных приборов, позволяющих избежать отбора образцов. И несмотря на наличие теоретической и приборной базы, правильно выполнить измерения твердости на арматуре, заключенной в бетоне конструкций, а также произвести однозначный пересчет в прочность стали непросто.

Основные методы, применяемые в полевых условиях, – статический, динамический и ультразвуковой. При динамическом методе определяется косвенная характеристика – отношение скорости при ударе и отскоке индентора от поверхности образца. В ультразвуковом методе измеряемым параметром является частота колебаний индентора при его внедрении в образец на определенную глубину под действием постоянного усилия. Значения косвенных характеристик в дальнейшем переводятся в число твердости по градуировочной зависимости, заложенной в приборе.

Статическим методом измерения твердости называется такой, при котором индентор медленно и непрерывно вдавливаются в испытуемый металл с определенным усилием. К статическим методам относятся следующие: измерение твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу. Реализация данных способов 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 заключение можно отметить, что использование измерений твердости стали для определенного класса арматуры весьма достоверно и обоснованно. Следует заметить, что данная методика не определяет точное значение временного сопротивления стали, а лишь позволяет идентифицировать класс арматуры по попаданию полученных значений твердости в тот или иной промежуток значений. При выполнении соответствующих исследований и разработке практических рекомендаций метод можно применять без отбора проб, на поверхности стержня непосредственно на участке вскрытия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение: ГОСТ 12004-81.
2. Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия: ГОСТ 22761-77.
3. Арматура напрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия: СТБ 1706 – 2006.
4. Улыбин, А.В. Применение зависимости «прочность – твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров / А.В. Улыбин, П.А. Рогозин // Стройматериалы. – 2011. – № 4(23). – С. 25–27.
5. Обследование и испытание зданий и сооружений / В.Г. Козачек [и др.]; под ред. В.И. Римшина. – М.: Высш. школа, 2004. – 447 с.
6. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 1997. – 179 с.
7. Хомич, В.М. Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей / В.М. Хомич, Д.Н. Логвинов // Изв. вузов. Строительство. – 1999. – № 11. – С. 133–137.