

# ОЦЕНКА КЛАССА ПРОЧНОСТИ БОЛТОВ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТВЕРДОСТИ СТАЛИ

**Улыбин А. В.**, к.т.н., доцент

**Султеев Т.М.**, студент

**Давыдов О.И.**, студент

**Богачев А.С.**, студент

(ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)

## АННОТАЦИЯ

Определение прочности эксплуатируемых конструкций и их элементов является актуальной задачей. В статье рассмотрена возможность применения неразрушающего контроля твердости для определения класса болтов по прочности. Проанализировано влияние на результат измерений параметров обработки поверхности и выбора метода контроля. Показаны соотношения между измерениями, выполненными тремя различными методами контроля твердости. Сформулированы рекомендации по практическому применению описываемого способа диагностики.

## *Введение*

Задача по определению прочности элементов эксплуатируемых стальных конструкций без отбора проб и испытания образцов всегда является актуальной. Этим обусловлена популярность исследования и внедрения различных методов неразрушающего контроля (НК) для определения искомых параметров (предел текучести, предел выносливости, временное сопротивление и др.). Одним из наиболее популярных методов НК, перспективным для решения данной задачи, является измерение твердости металла различными способами. Так в различных работах описаны исследования применимости динамического и ультразвукового [1-5], метода пластической твердости [6,7], метода царапания [8] и других методов. Изучается специфика применения метода для различных конструктивных элементов: прокатных профилей [1-3,6,7,8], арматуры [4], болтов [6].

Помимо собственно возможности применения измерения твердости для определения параметров прочности стали, в работах широко исследуются

различные факторы, влияющие на правильность измерений и погрешность результата. Среди таких факторов можно отметить:

- Параметры обработки поверхности измерения [2,4,5];
- Расположение участка измерения в пределах исследуемого элемента, в том числе по сечению [3];
- Влияние действующих напряжений в элементе конструкции [1];
- Близость участка к зонам неоднородности (концентраторам напряжений, сварным швам и пр.) [3];
- Прочие факторы.

В данной статье представлены результаты измерения твердости болтов, проведенного различными методами.

При обследовании болтовых соединений немаловажным является контроль фактической прочности болтов. Наиболее простым способом решения данной задачи является определение прочности по маркировке, которая содержит класс прочности для всех болтов. По требованиям современных норм применение в конструкциях болтов без маркировки недопустимо. Однако в практике обследования часто встречаются конструкции с болтами без маркировки. В данном случае возникает необходимость определения прочности болта. Это возможно сделать двумя способами: разрушающим, путем испытания болта в лабораторных условиях, и неразрушающим контролем с использованием различных зависимостей.

Методы НК, как правило, являются предпочтительными по следующим причинам:

- нет необходимости во временном ослаблении конструкции;
- существует возможность увеличения количества контролируемых элементов;
- снижается трудоемкость и стоимость работ (по результатам анализа расценок лабораторий Санкт-Петербурга стоимость испытания одного болта варьируется в диапазоне 2...5 тыс. руб.).

Помимо вышесказанного необходимо отметить, что во многих лабораториях затруднены испытания на растяжение в связи с необходимостью предварительной подготовки болтов (округлая форма, недостаточная длина для захвата и пр.) и наличия специальных захватов.

Существует большой спектр приборов неразрушающего контроля твердости, позволяющих выполнять измерения в полевых условиях. К таким приборам относятся: ТЕМП-4, ТКМ-459, МЕТ-УД, Equotip и другие. Основные методы, применяемые в них, – это ультразвуковой и динамический. В ряде исследований [7] указывается, что более достоверным является метод пластической твердости (НД). Однако реализация метода предполагает измерения в лабораторных условиях, что существенно ограничивает его применение.

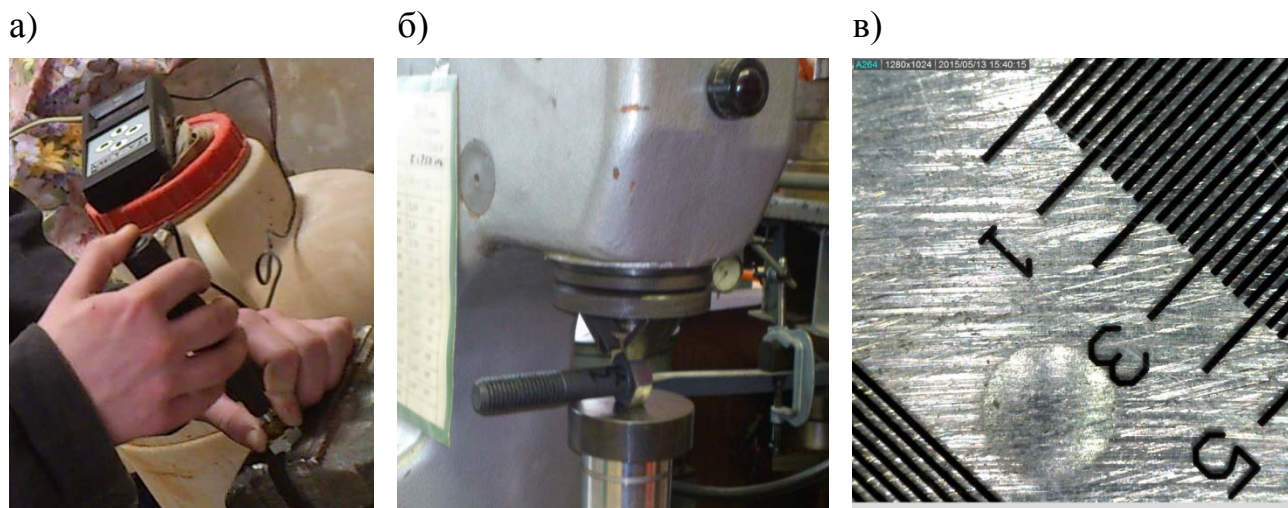
### *Описание эксперимента*

Для исследований в данной работе использован портативный твердомер МЕТ-УД (динамический и ультразвуковой методы) (рисунок 1а). Обоиими методами измерялась твердость по шкале Бринелля (НВ). В ГОСТ Р 52627-2006 имеется таблица, показывающая соотношение классов прочности болтов с их твердостью (таблица 1).

Таблица 1

Значения твердости по Бринеллю для крепежных изделий по ГОСТ Р 52627-2006

Твердость по Бринеллю, НВ	Класс прочности	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	8.8	9.8	10.9
	не менее	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304
	не более	209					238	304	318	342	361



**Рисунок 1 – Выполнение измерений**

- а) Портативным прибором МЕТ-УД; б) На прессе Бринелля; в) Отпечаток от шарика в прессе Бринелля (x50)**

В качестве объектов исследования были использованы болты:

- класса прочности 5.8 (М 18х100 ГОСТ 7798-70);
- класса прочности 6.6 (М20х90 ГОСТ 7798-70);
- класса прочности 8.8 (М 14х100 DIN 933);
- класса прочности 10.9(М 22х100 ГОСТ Р52644-2006).

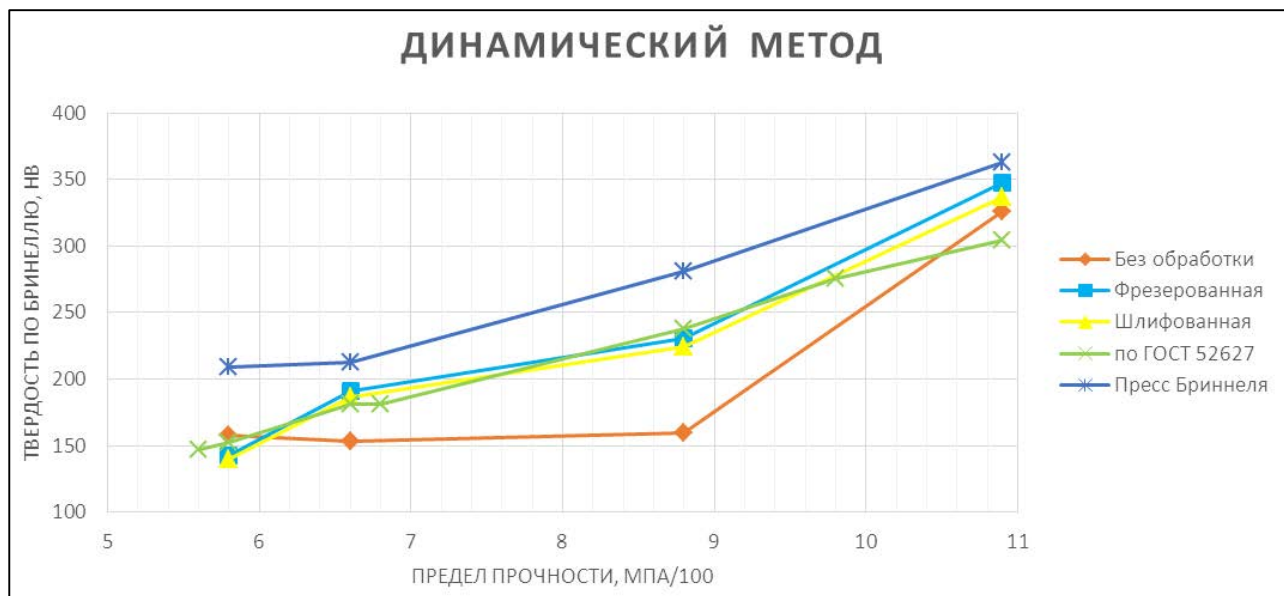
Все измерения производились на головке болтов. Номинальная прочность болтов определялась по маркировке. В качестве фактической твердости приняты значения, измеренные на прессе Бринелля (диаметр индентера 5 мм, нагрузка 7,35 кН) в лабораторных условиях (рис.2 б,в).

При исследованиях рассматривалось влияние фактора обработки поверхности. В качестве условий эксперимента выбраны следующие:

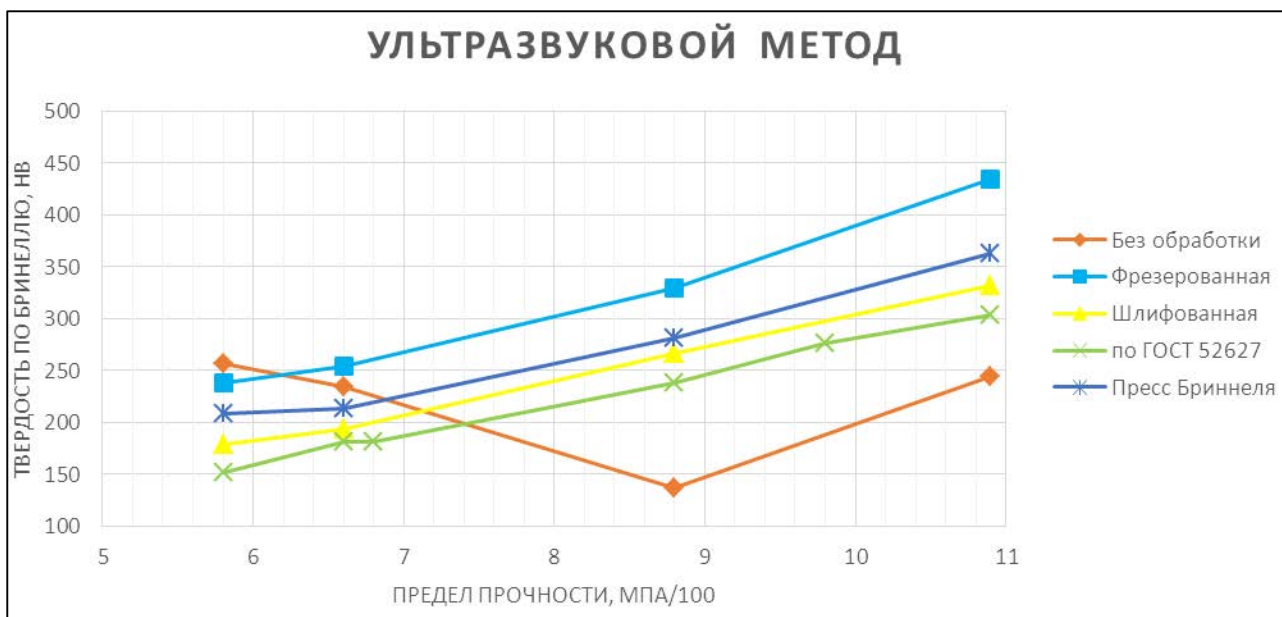
- полное отсутствие обработки поверхности;
- шлифовка поверхности (реализуемо в полевых условиях без отбора проб);
- фрезеровка поверхности (не реализуемо без отбора проб).

На каждом образце проводилась серия из 10 измерений неразрушающим методом. В партии каждого класса исследовалось по 3 болта.

Результаты исследований (усредненные значения по каждой партии) представлены на рисунках 2,3.



**Рисунок 2 - Результаты измерения динамическим методом**



**Рисунок 3 - Результаты измерения ультразвуковым методом**

По результатам анализа полученных данных можно сформулировать следующие выводы:

1. Фактическая твердость (а возможно и прочность), определенная на прессе Бринелля выше минимальных значений твердости, регламентируемых ГОСТ 52627 для болтов всех исследованных классов, что соответствует ожидаемому.

2. Измерения на необработанной поверхности как ультразвуковым, так и динамическим методами сопровождаются недопустимой погрешностью и в целом выбиваются из полученных результатов.

3. Влияние вида обработки (шлифовка, фрезеровка) на результаты динамического метода НК незначительны, чего нельзя сказать об ультразвуковом методе. Обработка поверхности фрезеровкой привела к значительному увеличению значений твердости, измеренной ультразвуковым методом, что вероятно связано с наклепом в тонком поверхностном слое металла.

4. Результаты, полученные ультразвуковым методом на шлифованной поверхности болтов расположены в зоне между регламентируемыми ГОСТ и твердостью, определенной на прессе Бринелля.

## **Выводы**

По результатам исследований представляется перспективным применение метода контроля твердости при обследовании болтовых соединений. В случаях, когда маркировка болта отсутствует, либо ее по каким-то причинам нельзя распознать, идентификацию класса по прочности можно осуществить в полевых условиях. Для этого можно использовать как ультразвуковой, так и динамический методы измерения твердости с обязательной предварительной обработкой участка измерения шлифовкой абразивным инструментом.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. 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.
2. Улыбин А. В., Рогозин П. А., Кукушкина Г. А. Оценка прочности стальных конструкций и арматуры по измерению твердости стали // Мир строительства и недвижимости. 2011. №42. С. 22-24.
3. Улыбин А. В., Рогозин П. А. Применение зависимости «прочность-твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров // Стройметалл. 2011. №4 (23). С. 25-27.
4. Улыбин А.В., Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 1 (27). С. 4-13.
5. Шаповалов, Э.Л. Влияние качества шлифов на результаты замеров твердости металлоконструкций при натурном обследовании / Э.Л. Шаповалов, Д.А. Замушчинская // Наука и безопасность. – 2014. -№3(12). – С.27-30.
6. Матлин, М.М. Методика контроля механических свойств деталей болтовых соединений/М.М. Матлин, Д.С. Манукян // Известия ВолгГТУ. – 2014. -№9(136). – С.91-93.
7. В.М.Хомич, Д.Н.Логвинов Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и некоторых чисел твердости строительных сталей // Известия вузов. Строительство.1999. №11. С.133-137.
8. Уткин В.С., Плотникова О.С. Определение механических характеристик материалов в конструкциях неразрушающим методом (царапанием) // Конструкции из композиционных материалов. 2007. №4. С.118-122.

# THE EVALUATION OF BOLTS STRENGTH USING HARDNESS MEASUREMENT

**Ulybin A. V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Sulteev T.M.**, student

**Davydov O.I.**, student

**Bogachev A.S.**, student

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

## ABSTRACT

The assessment of strength parameters of existing structures and their parts is an important task. The paper deals with a possibility of using non-destructive hardness testing for determination of bolt's strength. The influence of surface preparation features on result of measurement is analyzed. The comparison between results obtained by different methods are shown. In conclusion part of the paper the recommendations for practical application of methods are given.