

**Исследование прочностных характеристик высокопрочных болтов разрушающими и неразрушающими методами контроля.
Study of strength characteristics of high strength bolts
of destructive and non-destructive methods
Шаповалов Э. Л.¹, Панфёрова О. Ю.²**

¹Шаповалов Эдуард Леонидович / *Shapovalov Eduard Leonidovich* – кандидат технических наук, доцент,
кафедра проектирования зданий и строительных конструкций,
институт строительства, архитектуры и искусства,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова;
²Панфёрова Ольга Юрьевна / *Panferova Olga Yurievna* – инженер,
ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г. Магнитогорск

Аннотация: в статье анализируются сравнительные результаты измерений прочностных характеристик высокопрочных болтов переносным твердомером, который используется при проведении обследования конструкций с результатами, полученными при помощи стационарного твердомера и лабораторных испытаний на растяжение образцов из болтов данного вида.

Ключевые слова: высокопрочный болт, прочность, твердость, твердомеры, механические свойства, растяжение.

Для определения технического состояния конструкций зданий и сооружений, имеющих болтовые соединения, необходимо знать расчетные параметры элементов, составляющих данные соединения. Традиционная методика определения прочностных характеристик металлоконструкций в лабораторных условиях предусматривает отбор проб металла и их последующие испытания. Однако основными недостатками этой методики является возможное ослабление элементов при отборе проб, высокая трудоемкость и временной фактор. Целью исследования твердости болтов с использованием портативных твердомеров было изучение возможности получения корректных результатов прочностных характеристик для оперативного подтверждения сертификатов на метизную продукцию, поставляемую на строительство, а также обследования в процессе эксплуатации, диагностики, ремонте и реконструкции зданий и сооружений. В настоящее время ввиду актуальности, организации, занимающиеся обследованием, в большей мере применяют неразрушающие методы контроля качества материалов конструкций, так как отпадает необходимость изготавливать образцы для лабораторных испытаний, а процесс обследования становится более оперативным.

В задачу исследования входило изучение параметров твердости высокопрочных болтов портативным и стационарным твердомерами и их сравнение с прочностными характеристиками стали болтов, полученными при испытании на растяжение. Для решения поставленных задач были выбраны распространенные в строительстве болты, используемые в соединениях ответственных конструкций. Высокопрочные болты М20, М24, М30 классов прочности 8.8 и 10.9 из стали 40Х «селект» (Рис. 1).

Определение механических свойств и химического состава болтов, а также сопротивлений регламентируется пунктами 8.4.6 и 8.4.7 [1].

Проведенное исследование химического состава с помощью эмиссионного спектрометра SPECTROMAX показало, что сталь всех проб соответствует марке 40Х «селект» (Табл. 1).

Для изучения параметров твердости болтов применялись портативный твердомер ТЭМП-4 (динамический) и стационарный твердомер ТК-2М (Рис. 2).

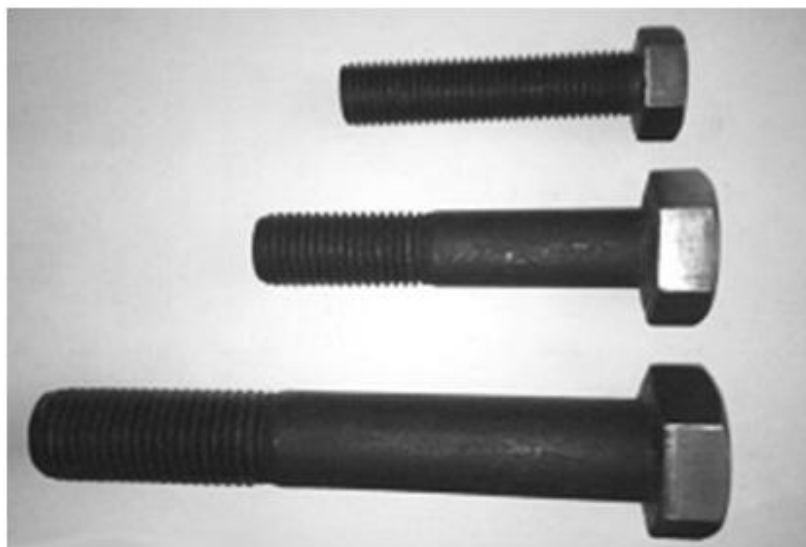


Рис. 1. Болты M20, M24, M30

Таблица 1

Маркировка пробы	Массовая доля элементов, %									
	C	Al	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V
M20	0,365	0,010	0,145	0,570	0,004	0,008	0,850	0,043	0,087	0,0015
M24	0,380	0,015	0,175	0,735	0,007	0,008	0,995	0,045	0,055	0,0021
M30	0,385	0,017	0,129	0,725	0,010	0,0095	1,00	0,040	0,050	0,0010

Для сравнительного анализа возможных вариантов при обследовании конструкций замеры проводились по шлифованной поверхности (шероховатость не более 2,5 Ra) и без такового, по головке и по телу стержня болта. Твёрдость измерялась по шкале Бринелля (НВ). Количество измерений соответствовало необходимому минимуму для обработке данных. Временное сопротивление σ_B рассчитывалось по таблицам перевода чисел твердости [2] и DIN 50150. Предел текучести $\sigma_{0,2}$ определялся исходя из коэффициента использования прочности K_n (отношение предела текучести к временному сопротивлению) полученному при испытаниях болтовых образцов на растяжение (Табл. 2 и 3).

Сравнение результатов твердости со значениями сертификата качества на данные болты [3] показано в таблице 4.

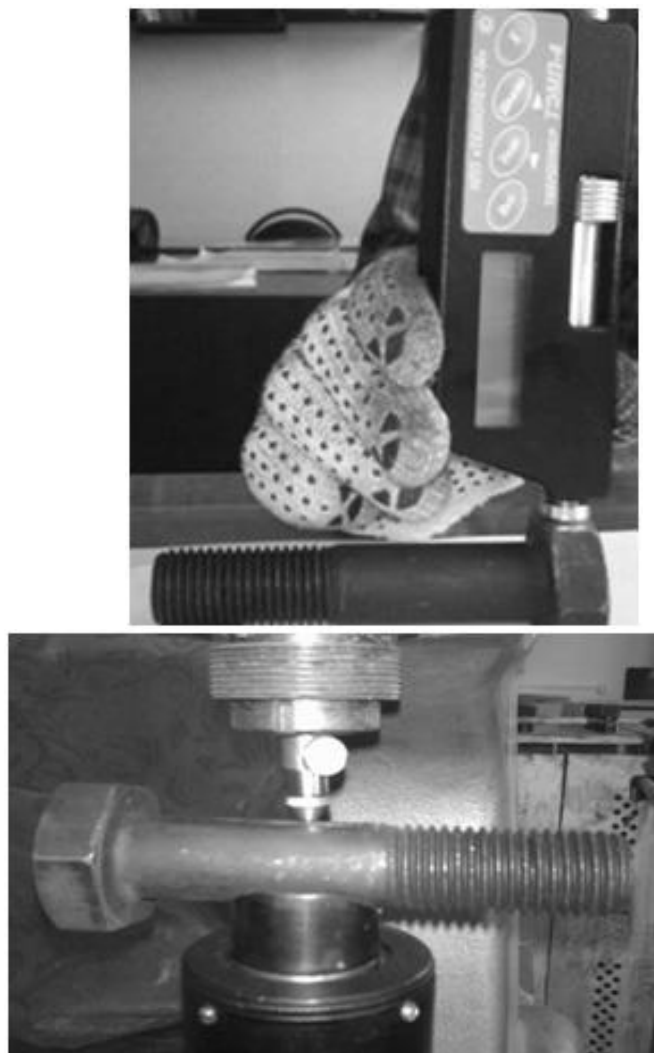


Рис. 2. Замеры твердости приборами ТЭМП-4 и ТК-2М

Таблица 2

Переносной твердомер ТЭМП-4						
Болты	Класс прочности	Обработка поверхности	НВ	σ _B , кгс/см ²		σ _{0,2} , кгс/см ²
				По ГОСТ 22761-77	По DIN 50150	
М20	8.8	Со шлифом	229,7	7791	7751	6388
		Без обработки	236,1	7973	7943	6538
М 24	10.9	Со шлифом	308,4	10252	10432	9124
		Без обработки	281,3	9359	9539	8329
М 30	10.9	Со шлифом	319,7	10640	10822	9682
		Без обработки	318,6	10603	10779	9649

Таблица 3

Стационарный твердомер ТК-2М						
Болты	Класс прочности	Место замера на болте	НВ	σ_B , кгс/см ²		$\sigma_{0,2}$, кгс/см ²
				ГОСТ 22761-77	DIN 50150	
М 20	8.8	Головка	360,4	11993	12179	9834
		Стержень	-	-	-	-
М 24	10.9	Головка	363,8	12110	12298	10778
		Стержень	234	7906	7883	7036
М 30	10.9	Головка	386,2	12932	13086	11768
		Стержень	294	9767	9920	8888

Таблица 4

Болты (класс прочности)	Твердость, НВ		
	ТЭМП-4	ТК-2М	Сертификат (по ГОСТ Р52643 -2006)
М20 (8.8)	229,7	360,4	242 - 363
М24 (10.9)	308,4	363,8	331 - 388
М30 (10.9)	319,7	386,2	331 - 388

Определение механических свойств стали разрушающим методом контроля проводилось путем растяжения стандартных образцов, вырезанных из стержневой части высокопрочных болтов с помощью испытательной машины Shimadzuag-ic 300кН (Рис. 4).

Результаты сравнительных характеристик, полученных при испытаниях различными методами контроля, показаны в табл. 5 и на рис. 5.

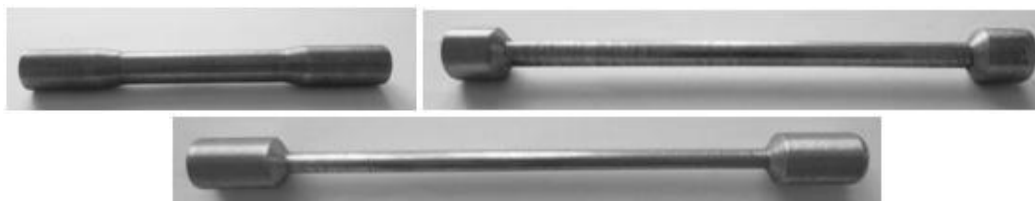




Рис. 4. Образцы из болтов М20, М24, М30. Испытание на растяжение на машине Shimadzuag 300кН

Таблица 5

олты	Б	Растяжение, кгс/см ²		ТЭМП-4, кгс/см ²			ТК-2М, кгс/см ²				
		σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\sigma_{0,2}$				
20	М	65	110	791	7	8	638	1993	1	4	983
24	М	44	102	0252	1	4	912	2110	1	78	107
30	М	97	105	0640	1	2	968	2932	1	68	117

Замеры твердости болтов переносным прибором ТЭМП-4 по шлифам и без показали, что шероховатость поверхности не оказывала существенного влияния на результаты, так как болты не были подвержены эксплуатационным воздействиям. Значения болтов М20 получились не корректными ввиду их малой величины и массы для измерений.

Результаты измерений стационарным твердомером ТК-2М оказались в пределах сертификационного интервала параметров твердости. Значения по телу стержня болта были ниже на 25-35 %, чем по головке.

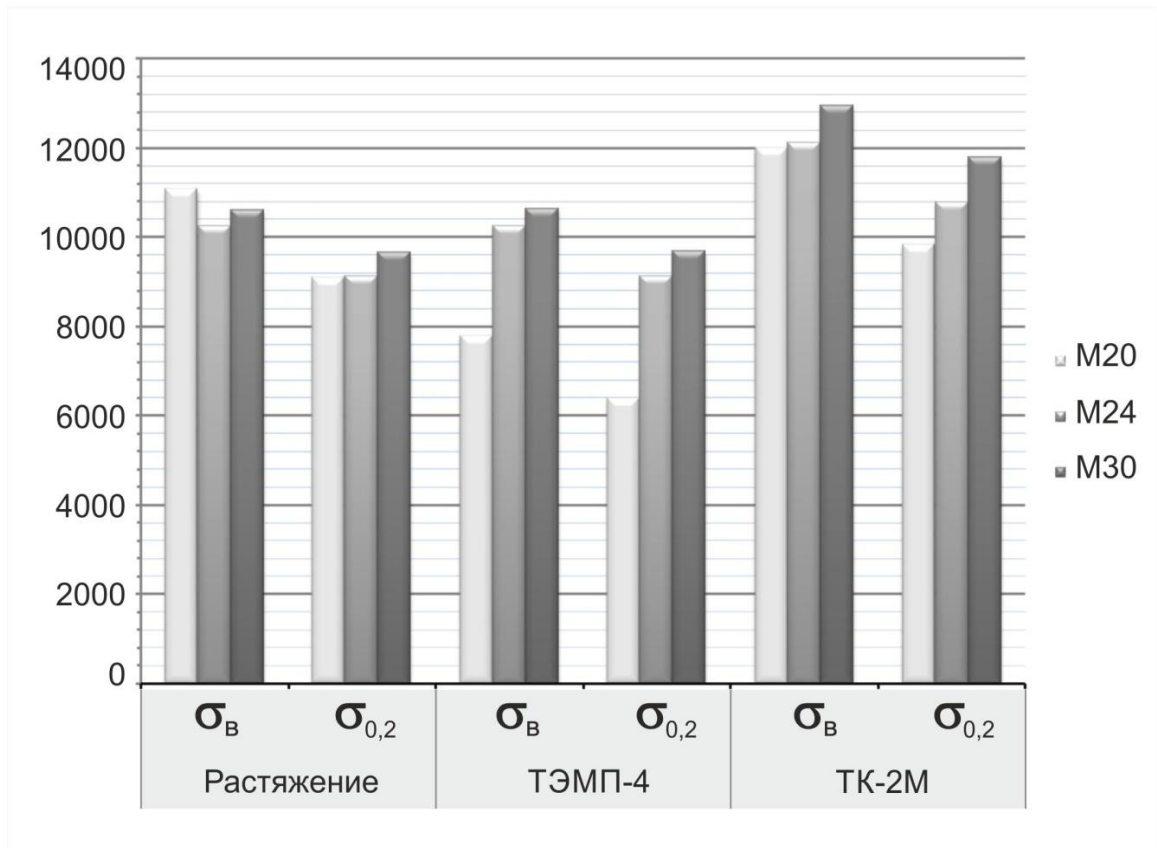


Рис. 5. Сравнительная диаграмма прочностных характеристик болтов

Сравнение прочностных характеристик σ_B и $\sigma_{0,2}$, полученных твердомерами по пересчету чисел с прямыми результатами, полученными при растяжении образцов, показало, что измерения переносным твердомером практически совпадают с данными испытаний на растяжение болтов M24 и M30. Стационарный твердомер показал значения выше на 18-20 %.

Проведенные исследования свойств высокопрочных болтов различными методами контроля подтвердили допустимость и корректность определения их прочностных характеристик в процессе обследования конструкций переносными твердомерами при условии предварительной корректировки прибора на сравнительных результатах прямых и косвенных значений.

Литература

1. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», – М.: ФГУП ЦПП Госстроя России, 2004. – 25 с.
2. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
3. ГОСТ Р 52643-2006. Болты и гайки высокопрочные и шайбы для металлических конструкций. Общие технические условия. Издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2007. – 15 с.