



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Сопротивление материалов»

## **Практикум**

по проведению учебно-исследовательской  
лабораторной работы

# **«Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов»**

Автор  
Авилкин В. И.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Практикум ставит своей задачей ознакомление студентов, изучающих общий курс дисциплин сопротивление материалов, техническая механика, архитектурно-строительная механика, теоретическая и прикладная механика, строительная механика, с вопросами экспериментального определения прочностных характеристик материала без разрушения.

В практикуме изложены основные теоретические положения, необходимые для проведения лабораторной работы «Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов», дано описание образца и эксперимента, изложен порядок проведения и обработки результатов испытаний.

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной) технических направлений подготовки (специальностей), в частности, для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01 – Строительство; 07.03.02 – Реконструкция и реставрация архитектурного наследия; 07.03.01 – Архитектура; 07.03.04 – Градостроительство; 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 29.03.04 – Технология художественной обработки материалов и специальностям 08.05.01 – Строительство уникальных зданий и сооружений; 27.05.01 – Прикладная геодезия; 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства.

## Автор

к.ф.-м.н., доцент кафедры  
«Сопротивление материалов» Авилкин  
В.И.





## Оглавление

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ» .....</b>	<b>4</b>
1.    Цель работы.....	4
2.    Описание установки .....	4
3.    Испытываемый образец.....	5
4.    Основные теоретические положения.....	5
5.    Подготовка эксперимента.....	7
6.    Проведение опыта.....	11
7.    Контрольные вопросы .....	16
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>17</b>
<b>Приложение 2.....</b>	<b>19</b>

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ»

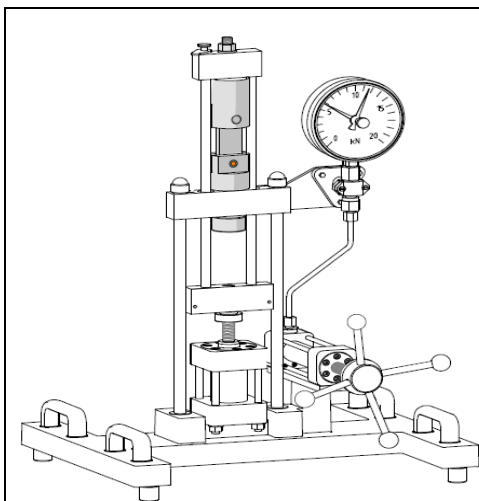
### 1. Цель работы

Ознакомление студентов, изучающих общий курс сопротивления материалов, с вопросами экспериментального определения твердости материалов.

Настоящая учебно-исследовательская лабораторная работа ставит своей задачей:

1. Изучить поведение материалов при испытаниях на твердость.
2. Получить представление о характере деформации испытываемого образца.
3. Изучить вопросы экспериментального определения прочностных характеристик материала без разрушения.
4. Приобрести практические навыки по проведению испытаний
5. Приобрести практические навыки по проведению испытаний и расчету твердости материалов.

### 2. Описание установки



**Рис. 1. Вид установки**

Универсальная испытательная машина WP 300, усилием **20кН**, предназначена для ознакомления студентов с исследованиями прочностных характеристик материалов (рис.1).  
Универсальная испытательная машина WP 300 – это надежный прибор, разработанный специально для технических ВУЗов, который включает в себя классические виды испытаний конструкционных материалов.

## Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

Многофункциональность устройства позволяет осуществлять проведение различных экспериментов, требующих приложения сил на растяжение или сжатие. Устройство разработано для того, чтобы дать возможность студентам самостоятельно проводить лабораторные эксперименты в группах. Устройство дает возможность наглядно показать функции отдельных компонентов машины и общий принцип проведения испытаний.

В комплекте базовой поставки универсальная испытательная машина не требует никаких дополнительных источников энергии. Нагрузка создается за счет ручной гидравлической системы. Величина усилия отображается на манометре с удобной шкалой.

### 3. Испытываемый образец



Металлические пластинки размерами 30 x 30 x 10мм, изготовленные из алюминия, меди, латуни и стали (рис. 2).

**Рис. 2. Испытываемый образец**

### 4. Основные теоретические положения

Под *твердостью* понимается способность материала противодействовать механическому проникновению в него посторонних тел.

В материале, при вдавливании в него острого предмета, возникают местные пластические деформации, сопровождающиеся, при дальнейшем увеличении сил, местным разрушением. Поэтому, показатель твердости связан с показателями прочности и пластичности и зависит от конкретных условий проведения испытания.

Наиболее широкое распространение получили пробы по Бринеллю и по Роквеллу.

В первом случае, в поверхность исследуемой детали вдавливается стальной, во втором – острый алмазный наконечник. По размеру полученного отпечатка судят о твердости материала.

При испытании на твердость по Бринеллю, в качестве индентора, берется твердосплавный или закаленный стальной шарик в

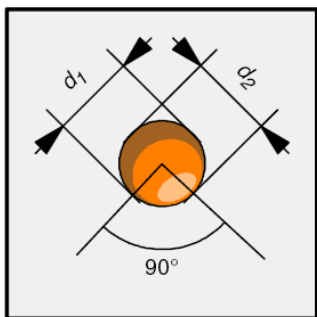
## Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

соответствии с ISO 6506 (ГОСТом 23677-79) , как правило, диаметром **10; 5; 2,5; 1 мм.**

В УИМ WP 300 используется закаленный стальной шарик диаметром **10мм.** Сокращение **HBS** используют для значений твердости, определенных для закаленных стальных шариков, **HBW** – для значений, полученных при использовании твердосплавных шариков.

Метод можно применять для материалов с твердостью до **650HB.** Метод неприменим для тонких образцов.

В испытании на твердость, шарик определенного диаметра **D**, вдавливается вертикально в образец под нагрузкой **F**, причем величина нагрузки постепенно увеличивается, все испытание длится определенное время. В результате на образце появляется небольшая метка диаметра **d**, размеры которой измеряют после проведения испытания (рис.3).



**Рис. 3. Результаты испытаний**

$d$  – среднее значение диаметра метки.

Если метка, оставленная в образце, не круглая, необходимо взять среднее значение двух перпендикулярных измерений (как показано на рисунке)

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Для того, чтобы сопоставить значения твердости различных материалов, формы образцов и диаметр шарика должны быть сопоставимы, само испытание необходимо проводить по одинаковой схеме.

При проведении испытания важно, чтобы образец находился в неподвижном состоянии.

Твердость по Бринеллю рассчитывают по формуле

$$HB = \frac{0,102 \cdot F}{A_B} = \frac{2 \cdot 0,102 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

Где

HВ – значение твердости по Бринеллю (выражается в  $\text{кГ/мм}^2$ , но по стандарту размерность, обычно, не записывается).

F – нагрузка, Н.

$A_B$  – площадь поверхности метки,  $\text{мм}^2$ .

Множитель **0,102** используют для того, чтобы учесть соответствие между  $\text{кгс/мм}^2$  и  $\text{Н/мм}^2$ .

D – диаметр шарика, мм

Результаты испытания записываются особым образом, например:

*170 HBS 5/250/30 (170 – твердость по Бринеллю).*

Где

HBS – шарик изготовлен из закаленной стали;

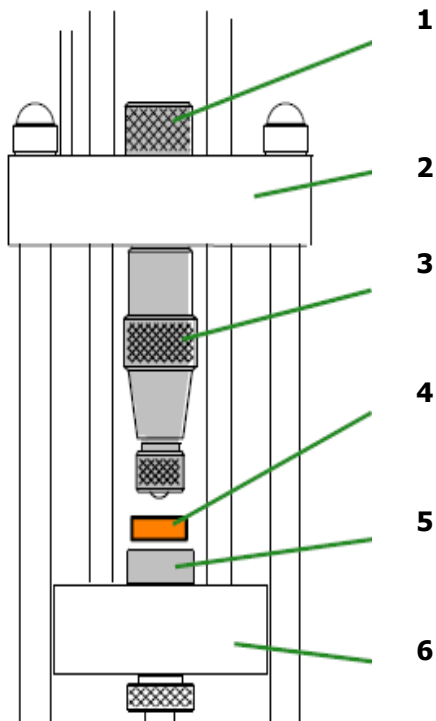
5 – диаметр шарика 5 мм;

250 – величина нагрузки  $F = 250 \text{ кГ} = 2450 \text{ Н}$ ;

30 – время выдержки под нагрузкой (30 сек).

## 5. Подготовка эксперимента

1. Захват для проведения испытания на твердость (3) вставляется в сжимающую часть устройства, между средней (2) и нижней траверсой (6) – рис. 4.



**Рис.4. Подготовка эксперимента**

2. Захват для испытания на твердость закрепляется с помощью крепежного элемента (1).

3. Образец (4) помещают на сжимающую пластинку (5), расположенную на нижней траверсе.

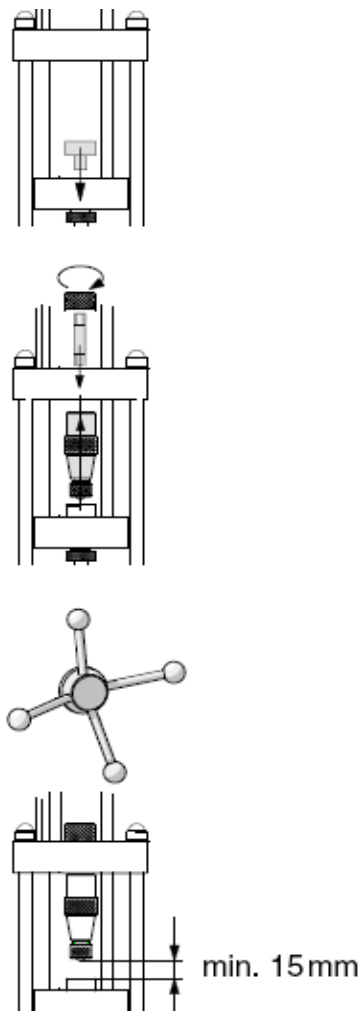
Если устройство для определения твердости не установлено в УИМ, необходимо провести его установку в область между верхней и средней траверсами.

Для этого (рис. 5):

- Удалить все ненужные компоненты из указанной области УИМ.
- Полностью повернуть маховик и переместить нагруженную раму вниз до упора.
- Вставить сжимающую пластину в нижнюю траверсу.



Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов



**Рис. 5. Установка устройства для определения твердости**

- Установить механизм определения твердости с резьбовым стержнем как показано на рисунке и плотно завернуть сверху гайку (до верхней траверсы).
- Необходимо сохранять расстояние между шариком и сжимающей пластиной – не менее 15 мм.

## Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

**Требования к температуре воздуха в помещении**

Испытание на твердость необходимо проводить при температуре **18...28°C**.

**Продолжительность действия нагрузки**

Образец необходимо выдержать в нагруженном состоянии в среднем от **10** до **15** секунд. В случае испытания пластичных материалов - **30** секунд и более. Нагрузка должна быть приложена в течение минимум **5** секунд, далее должна возрастать до максимального значения.

**Коэффициент нагрузки**

Чтобы получить четкие и воспроизводимые метки на образце, отношение диаметра **d** к **D** должно быть от **0,2** до **0,7**. Чтобы попасть в данный диапазон, для различных по твердости материалов, необходимо подбирать разные нагрузки, то есть нагрузка и площадь метки должны находиться в определенном соотношении. Данное соотношение характеризует коэффициент нагрузки **χ**:

В УИМ используется только шарик диаметром **10 мм**.

$$\chi = \frac{0,102 \cdot F}{D^2}$$

Множитель **0,102** используют для того, чтобы учесть соответствие между  $\text{кгс/мм}^2$  и  $\text{Н/мм}^2$ .

В следующей таблице представлены значения коэффициента **χ** для различных материалов:

Коэффициент $\chi$	30	10	5	2.5	1.25	0.5
<b>Диапазон твердости НВ</b>	67...400	22...315	11...158	6...78	3...39	1...15
<b>Материал</b>	Железосодержащие материалы Сталь Литая сталь Литое железо Ковкий чугун	Легкие металлы Медь Бронза Латунь Никель	Чистый алюминий Магний Цинк Литейная латунь	Баббит	Свинец Олово Мягкий припой	Мягкие металлы при высоких температурах

## Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

Из таблицы следует, что для стальных образцов рекомендуется выбирать коэффициент нагрузки **30**.

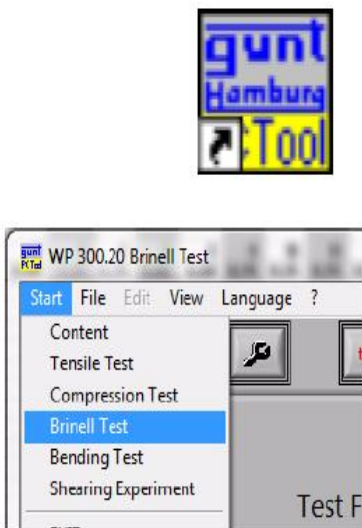
Однако в УИМ WP 300 невозможно достичь нагрузки  $F = 29\text{кН}$ , которая необходима для данного коэффициента. Поэтому, при проведении испытания стальных образцов с использованием шариков **10 мм**, также выбирают коэффициент нагрузки **10**.

Для шарика диаметром **10 мм**, на УИМ WP 300, могут быть использованы следующие нагрузки

<b>Коэффициент</b> $\chi$	30	10	5	2.5	1.25	0.5
<b>Нагрузка, Н</b>	29420	9800	4900	2450	1225	490

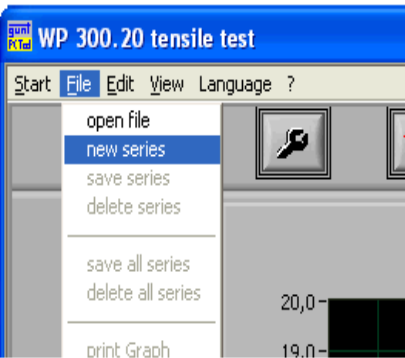

## 6. Проведение опыта

Осторожно опустите шарик на образец, поворачивая маховик без приложения нагрузки.



- Запустите программу WP 300.20 Системы сбора и обработки данных
- Запустите программное приложение для сбора данных измерений при испытании на твердость через меню Старт (Start) – Испытание по Бринеллю (Brinell Test).

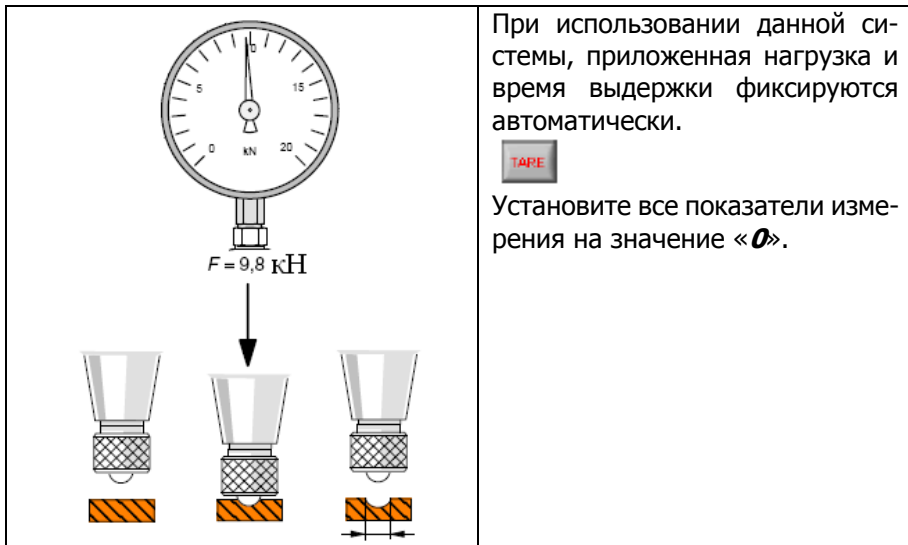
Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

		<p>Создайте новый проект для нового эксперимента через меню Файл (File) – Новая серия (new series).</p>
		<p>В диалоговом окне, которое откроется, введите название эксперимента в поле Имя (name). Вы можете выбрать любое имя. Вы можете также добавить примечания в поле Примечание (comment), где записываются особенности этого эксперимента. Далее, нажмите ОК.</p>

Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

	<p>В меню Вид (View) – нажмите строку Настройки (setting) и откройте диалоговое окно, в котором указывается информация об образце и нагрузке.</p>
	<p>В диалоговом окне введите описание образца в поле Вид образца (Kind Of Specimen). В поле Материал (Material), выберите материал образца, или, если материала нет в списке, введите его с помощью опции – Определить (Define). Выберите коэффициент нагрузки в соответствующем окне. Для образцов, применяемых в УИМ указывается коэффициент нагрузки <b>10</b>. Далее, нажмите ОК.</p>

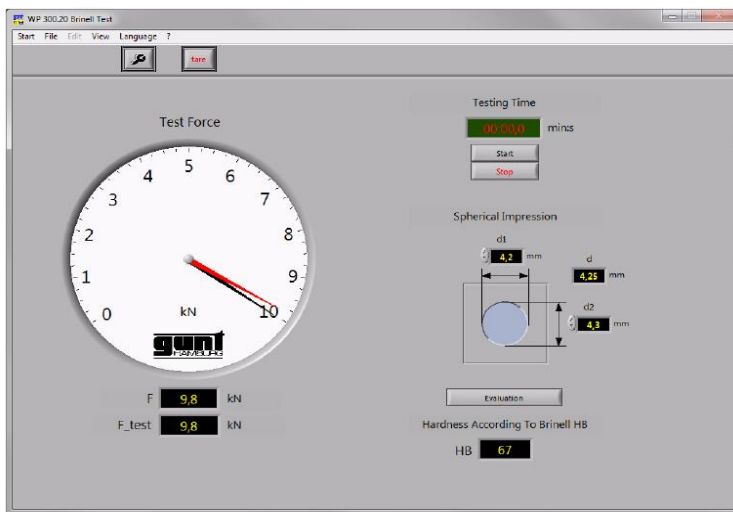
Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов



При использовании данной системы, приложенная нагрузка и время выдержки фиксируются автоматически.



Установите все показатели измерения на значение «0».



– Медленно и равномерно вращайте маховик до достижения нагрузки

$$F = 9800H \quad (F = 9,8 \text{ кН}).$$

Чтобы обеспечить правильное значение испытательной нагрузки, стрелка в программном обеспечении указывает на необходимую нагрузку. Отрегулируйте нагрузку, вращая маховик, чтобы как можно точнее задать нагрузку.

Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

**Внимание:** Если заданная нагрузка отличается от необходимой нагрузки более чем на **1%**, эксперимент прекратится.

- После достижения необходимой нагрузки начинает работать секундомер.
- Когда через **10** секунд измерение закончится, и секундомер в окне изменит цвет с красного на зеленый – необходимо снять нагрузку с образца.
- Вы можете выбрать большее время нагрузки, для этого отметьте это в соответствующем поле программы.

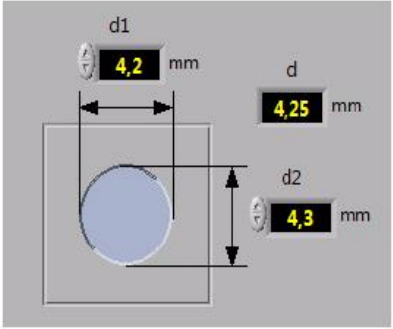

**После проведения эксперимента:**

- Полностью закрутите маховик и опустите нагрузную раму до упора.

Чтобы оценить результаты эксперимента, необходимо измерить диаметр сферического углубления на поверхности образца.

Вы можете сделать это с помощью измерительной лупы. Необходимо измерить диаметр с точностью не менее **0,5 мм**, лучше – **0,1 мм**.

Если углубление не круглое, необходимо измерять в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

	<p>Измеренные диаметры <math>d_1</math> и <math>d_2</math> вводят в соответствующие поля программы. Средний диаметр вычисляется автоматически.</p>
	<p>Твердость по Бринеллю определяется после нажатия команды «Оценка» (Evaluation). Данное действие использует преподаватель для контроля вычислений.</p>

Испытание на твердость по Бринеллю с компьютерной обработкой результатов

Значения, полученные в ходе проведения эксперимента, сравнивают с соответствующими значениями из литературных данных:

Материал	Твердость	Материал	Твердость	Материал	Твердость
<b>C45</b>	192..238	St 12 03	65	AlMgSi1	65
<b>9SMn28</b>	140..215	CuZn39Pb3	90	AlMg3	66
<b>9 S 20 (K)</b>	140..215	CuZn40Pb2	150	Cu-ETP	55
<b>St14</b>	50	AlMgSi	35		
<b>St37 k (S235)</b>	108..140	AlMgSi0,5F22	75		

### 7. Контрольные вопросы

1. Что называется твердостью?
2. К каким методам относятся испытания на твердость?
3. Какие разновидности испытаний на твердость вы знаете.?
4. Материал испытали на твердость и записали полученный результат в стандартизованной форме. Расшифруйте обозначение.
5. В чем преимущества и недостатки испытания на твердость?
6. От чего зависит величина усилия при испытании на твердость?
7. В каких единицах измеряется твердость по Бринеллю?



**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**
*/Образец/*
**ОТЧЕТ**

по лабораторной работе № \_\_\_\_\_

**ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ  
С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Дата проведения работы \_\_\_\_\_

**I. Наименование машины** – Универсальная испытательная машина WP  
300

**II. Журнал испытаний**

ИСПЫТАНИЕ НА ТВЁРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦОВ							
Номер образца	Материал	Время выдержки, сек	Диаметр метки, мм			Твердость по Бринеллю <i>HBS</i>	
			$d_1$	$d_2$	$d_{cp}$	Расчетная	Из литературы
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							



## **ВЫВОДЫ:**



## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

*/Образец оформления  
титального листа лабораторной работы/*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Сопротивление материалов»**

**Лабораторная работа**

**на тему**

**«ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ  
С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ»**

**Выполнил студент группы \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Принял \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Ростов-на-Дону**

**2018**