

ИМИИ

ЧЕВ, Г. С. ЖДАНОВ,
Я. М. КОЛОТЫРКИН,
ИН, А. Н. ФРУМКИН

В

ЧЕВ
СОВ

ЖУРНАЛ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Редакционная коллегия:

Г. В. АКИМОВ, Я. И. ГЕРАСИМОВ, С. В. ГОРБАЧЕВ, Г. С. ЖДАНОВ,
Н. А. ИЗГАРЫШЕВ, В. А. КИСТЯКОВСКИЙ, Я. М. КОЛОТЫРКИН,
Э. С. САРКИСОВ, Н. Н. СЕМЕНОВ, А. Н. ТЕРЕНИН, А. Н. ФРУМКИН

Редактор Н. А. ИЗГАРЫШЕВ

Зам. редактора С. В. ГОРБАЧЕВ

Отв. секретарь Э. С. САРКИСОВ

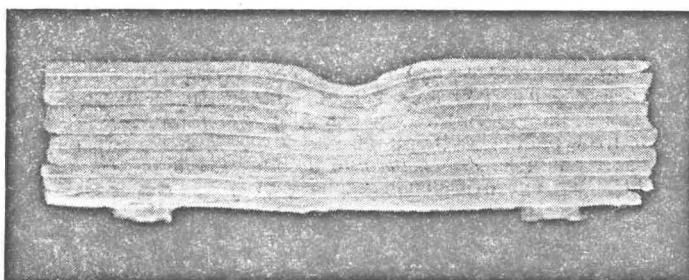
ТОМ XXVII, 1953 г.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ НА ВДАВЛИВАНИЕ И ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Д. Б. Гогоберидзе, Н. А. Конацкий и В. Б. Сахов

За последнее время было опубликовано много работ П. А. Ребиндера и его школы, которые указывают на будто бы имеющееся влияние поверхностно-активных веществ на механические свойства твердых тел и, в частности, на их твердость. С нашей точки зрения, существование такого влияния не может быть обосновано теоретически и, судя по проделанным нами опытам, не подтверждается на практике.

Мы уже указывали [1—3] на неправильности, допущенные П. А. Ребиндером и его сотрудниками в маятниковом методе, и на систематическое игнорирование ими работ Д. И. Менделеева, являющегося пионером в деле измерения твердости маятни-



Фотография стопы медных пластинок, в которые был вдавлен стальной шарик пресса Бригеля. Ясно видно, что толщина верхней пластинки в центре лунки несколько уменьшилась и что таким образом здесь не имеет места всестороннее сжатие

ковым методом и создателем самого метода, а также работ М. И. Койфмана [4—8] и Б. В. Ильина [9—11].

Во втором этапе работы мы поставили перед собой задачу выяснить, оказывают ли «поверхностно-активные» вещества какое-либо влияние на результаты измерения твердости и микротвердости на вдавливание, а также на результаты испытания предела прочности при растяжении σ_B . Нам кажется, что подобные испытания могут иметь большой практический интерес, так как взгляды П. А. Ребиндера получили широкое распространение.

С целью проверки наличия влияния поверхностно-активных веществ на твердость мы провели ряд сравнительных измерений величины твердости и микротвердости на вдавливание различных материалов как в сухом виде, так и смоченных различными поверхностно-активными веществами.

Если бы действительно, как утверждают П. А. Ребиндер и его сотрудники, имелось какое-либо влияние поверхностно-активных веществ на механические свойства, то, без сомнения, и твердость на вдавливание, как некоторая функция механических свойств тел, изменила бы свое значение в случае измерения в поверхностно-активной среде, и это влияние было бы особенно велико в случае измерений под малыми нагрузками, т. е. измерений микротвердости.

Иногда говорят, что результаты измерения твердости на вдавливание не должны быть чувствительны к действию поверхностно-активных веществ, так как в этом виде механических испытаний мы будто бы имеем под наконечником состояние всестороннего сжатия испытуемого материала. Однако это не так. Хорошо известно, что при испытании на твердость под наконечником мы не имеем состояния всестороннего сжатия. Это утверждение лишено всяких физических оснований. Почти все исследователи единодушно считают, что при вдавливании шарика по Бригелю деформация всестороннего сжатия не имеет места.

smelt the German way

Поступила
10.I.1953

Физ. химии, 22, 1511,

Мкин, Журн. физ.

й, Журн. физ. химии,

Физ. химии, 18, 493,

ktroch., 36, 529, 1930.

Для выяснения этого вопроса мы проделали следующий опыт. Склевав несколько медных пластинок, мы вдавили в этот блок пластинок шарик прессы Бринеля. Затем, после снятия нагрузки, мы разрезали этот блок по диаметральной плоскости лунки и отполировали поверхность разреза. На полученном шлифе ясно видно, что утончение пластинок под отпечатком неравномерно (см. рисунок). Аналогичные результаты дает и другой опыт. Возьмем тонкую пластинку красной меди толщиной ~1 мм, наложим ее на полированную поверхность стального образца и вдавим в эту систему шарик прессы Бринеля под нагрузкой 3000 кг. После снятия нагрузки разрежем медную пластинку по диаметральной плоскости лунки. На разрезе сразу бросается в глаза, что на дне лунки пластинка сильно утончена (примерно до толщины в 0,1—0,2 мм). Это объясняется тем, что материал пластинки под влиянием неравномерного сжатия перетекал от центра лунки к периферии. На основании всего сказанного утверждение о том, что при статических методах измерения твердости имеют место условия всестороннего сжатия, нам кажется неосновательным.

Испытание на твердость есть вид механических испытаний, который сложным, часто неизвестным образом, к тому же различным в разных методах измерения твердости, зависит от механических свойств материала. Твердость связана с очень многими механическими свойствами материала, и если меняются эти свойства, то меняется и твердость. К числу основных свойств материала относятся такие, как пластичность, упругость, предел прочности при растяжении, ударная вязкость и т. п. Твердость сложным образом зависит от модуля упругости, удлинения и т. д. Если меняются эти постоянные, то должна меняться и твердость, если они не меняются, то не может измениться и твердость. Таким образом, измерение твердости позволяет простейшим образом судить о том, меняются ли механические свойства тела под влиянием поверхностно-активных веществ, или же нет.

Измерения твердости

С целью выяснения наличия или отсутствия влияния поверхностно-активных веществ нами были проведены измерения твердости по Бринелю и по Роквеллу образцов различных металлов в сухом виде и с поверхностью, смоченной различными поверхностно-активными жидкостями. Образцы для испытания были изготовлены в виде прямоугольных плиток размером 160 × 80 × 16 мм. Образцы обрабатывались на строгальном станке, затем шлифовались на плоскошлифовальном станке и затем полировались пастой ГОИ до чистоты поверхности ∇∇∇∇ 12. Измерения велись в полном

Таблица 1*

Зависимость величины твердости от среды, в которой проводилось измерение

Материал	Среда	Твердость по Роквеллу** шкалы В	Лунки, мм	Твердость по Бринелю
Сталь 30	Сухая	87	4,60	170
	Чистый спирт	86	4,60	170
	50% развед. спирт	86	4,65	167
	Эмульсия	85	4,65	167
	Бензин	85	4,60	170
Сталь 50	Сухая	94	4,10	217
	Чистый спирт	94	4,10	217
	50% развед. спирт	94	4,10	217
	Эмульсия	94	4,10	217
Сталь	Сухая	94	4,10	217
	Чистый спирт	74		
	Бензин	74		
	50% развед. спирт	73		
Дюраль	Сухая	75		
	Чистый спирт	76		
	Бензин	76		
	50% развед. спирт	76		
Сталь	Сухая	98		
	Чистый спирт	99		
	Бензин	99		
	50% развед. спирт	98		

* Твердость по Бринелю и по Роквеллу определялась как среднее арифметическое результатов трех измерений для каждой среды.

** Точность прибора ± одна единица шкалы.

соответствии с ОСТ. Испытания твердости

Проведенные на поверхностно-активных рення твердости по Бринелю (табл. 1).

Приведенные в изменения чисел твердости в зависимости результатами отдельны

Далее нами были микротвердости вели блюдателями, для то дателя и неточности ные сколы природны поверхность мрамора ченного путем рекр

Приведем табл. на приборе ПМТ-2 че и отожженной стали от 2 до 200 Г.

Микротвердос

Материал	Среда
Алюм. монокр	Сухая
	Касторовое
Спичков. блеск	Сухая полир
	Касторовое
Мрамор	Сухая полир
	Керосин
	Спирт
	Олеиновая в
Каменная соль	Сухая пов.
	Керосин
	Олеиновая в
	Спирт
Кобальт	Сухая полир
	Касторовое
	Олеиновая в
Сталь	Сухая полир
	Олеиновая в

more steel for starts optical substance
2
3
14
15

соответствии с ОСТ'ами на испытания твердости по Бриннелю (ОСТ 10241-40) и на испытания твердости по Роквеллу (ОСТ 10242-40).

Проведенные нами измерения не установили наличия какого-либо влияния поверхностно-активных веществ на результаты измерения. Вот что показывают измерения твердости по Бриннелю и по Роквеллу в разных средах для разных сталей и дюраля (табл. 1).

Приведенные в табл. 1 результаты измерений доказывают, что существенного изменения чисел твердости при измерении статическими методами для сталей и дюраля в зависимости от среды не наблюдается. Очень небольшие различия между результатами отдельных измерений не выходят за пределы ошибок опыта.

Измерения микротвердости

Далее нами были с той же целью проделаны измерения микротвердости. Измерения микротвердости велись на двух разных приборах ПМТ-2 и ПМТ-3 двумя разными наблюдателями, для того чтобы исключить возможное влияние личных ошибок наблюдателя и неточности прибора. В качестве образцов для измерения были выбраны спайные сколы природных кристаллов каменной соли и свинцового блеска, полированная поверхность мрамора и полированная поверхность монокристалла алюминия, полученного путем рекристаллизации.

Приведем табл. 2, в которой сопоставлены результаты измерений микротвердости на приборе ПМТ-2 четырех перечисленных выше веществ, а также пластинки кобальта и отожженной стали как в сухом виде, так и в разных средах при разных нагрузках от 2 до 200 Г.

Таблица 2

Микротвердость различных веществ в сухом и смоченном состоянии, измеренная на приборе ПМТ-2

Материал	Среда	Микротвердость в кг/мм ² при нагрузках в граммах						
		2	5	10	20	50	100	200
1 Алюм. монокр.	Сухая 9	15,7	18,5	20,6	28,6	29,8	31,4	28,7
	Касторовое масло 10	14,1	19,1	28,3	31,5	38,2	33,2	32,7
	Олеиновая кислота 11	23,8	27,7	33,3	32,5	32,8	32,3	31
	Вода дистиллиров. 12	17,4	20,0	21,2	32,4	30,8	31,8	31,6
3 Свинцов. блеск	Сухая полиров. 13	80	152	189	207	193	206	191
	Касторовое масло 10	85	141	189	189	192	203	187
	Олеиновая кислота 11	85	135	185	167	192	221	191
	Спирт 13	83	145	185	184	192	205	191
	Вода дистиллиров. 12	81	148	187	190	193	206	191
4 Мрамор	Сухая полиров. 14	63	75	96	153	171	136	
	Керосин 15	54	77	106	143	171	138	
	Спирт 13	54	84	93	134	175	145	
	Олеиновая кислота 11	64	75	131	145	175	139	
	Касторовое масло 10	59	77	108	154	162	139	
	Вода дистиллиров. 12	60	75	99	153	170	139	
5 Каменная соль	Сухая пов. 16	9,6	17,1	20,2	23,0	22,2	21,7	21,4
	Керосин 15	10,2	13,3	18,6	23,8	22,0	21,2	20,9
	Олеиновая кислота 11			18,3	21,0	22,3	21,2	21,3
	Спирт 13	9,1	11,8	18,6	21,4	22,2	20,8	21,2
	Касторовое масло 10	10,1	12,7	18,4	22,0	22,2	21,4	21,6
Вода дистиллиров. 12	10,0	13,8	19,0	22,4	22,0	21,5	21,2	
6 Кобальт	Сухая полиров. 14	111	240	338	420	429	455	473
	Касторовое масло 10	132	219	263	350	407	433	476
	Олеиновая кислота 11	127	195	289	402	429	425	460
7 Сталь	Сухая полиров. отожжен. 17	62	105	113	152	165	154	152
	Касторовое масло 10	70	112	128	143	162	155	153
	Олеиновая кислота 11	64	107	122	158	165	154	152

ктивно-активных Роквеллу образ- различными по- изготовлены в виде тывались на стро- и затем полиро- велись в полном

Таблица 1*
Точность измерения

Точность измерения	Твердость по Бриннелю
0	170
0	170
0	167
0	167
0	170
0	174
0	217
0	217
0	217
0	217
0	217
0	217

среднее арифмети-

Мы видим, что, во всяком случае, числа твердости соответствующих образцов не больше на сухом образце, чем на образце, смоченном поверхностно-активной жидкостью. Небольшие расхождения иногда даже имеют обратный характер, т. е. в поверхностно-активной среде микротвердость иногда оказывается как будто бы даже несколько выше, чем на сухом образце. Расхождения, однако, небольшие, ограничиваются в основном областью малых нагрузок (2 и 5 Г) и в общем не выходят за пределы ошибок опыта.

Аналогичные измерения были проделаны и на металлических образцах на приборе ПМТ-3, хотя и с несколько другими жидкостями (табл. 3).

Таблица 3*

Влияние различных веществ на результаты измерения микротвердости на приборе ПМТ-3

1 Материал	5 Нагрузка в Г	6 Условия измерений									
		7 Шлиф сухой		10 Шлиф с чистым спиртом		11 Шлиф с дистилл. водой		12 Шлиф с развед. 50% спирта		13 Шлиф с бензином	
		длина диагональ, μ	твердость, кг/мм ²	длина диагональ, μ	твердость, кг/мм ²	длина диагональ, μ	твердость, кг/мм ²	длина диагональ, μ	твердость, кг/мм ²	длина диагональ, μ	твердость, кг/мм ²
2 Сталь У8	2	3,0	412	3,9	244	3,1	386	3,2	362	3,0	412
	5	5,5	307	5,5	307	5,5	307	5,5	307	5,6	296
	10	8,4	263	8,6	252	8,4	263	8,6	252	8,6	257
	20	11,8	266	12,0	258	12,1	254	12,1	254	12,1	254
	50	21,1	208	21,0	210	21,3	204	21,1	208	21,0	210
	100	30,6	143	30,6	143	30,5	151	30,5	151	30,6	143
	200	44,4	188	44,1	191	44,4	187	44,3	189	44,2	190
3 Сталь 30	2	3,6	286	4,2	210	3,9	244	4,0	282	4,0	232
	5	6,4	226	6,6	213	6,6	213	6,6	213	6,5	220
	10	9,1	224	8,9	234	9,1	223	9,2	223	9,0	229
	20	12,8	226	12,8	226	12,8	226	12,8	226	12,8	226
	50	22,3	187	21,8	195	21,7	197	21,8	195	22,3	187
	100	32,0	181	31,8	183	32,1	180	31,9	182	32,0	181
	200	46,3	173	45,7	178	46,2	174	46,0	175	45,9	176
3 Л-62	2	5,2	137	5,5	123	4,4	191	4,4	191	4,4	191
	5	7,0	189	6,8	201	6,6	213	6,6	213	6,9	196
	10	9,6	201	9,2	200	10,3	184	10,2	185	10,3	184
	20	15,1	163	14,5	176	15,3	158	16,0	164	15,6	152
	50	25,1	147	25,0	148	24,8	151	24,6	153	25,0	148
	100	36,5	139	36,2	142	34,9	152	35,2	150	35,4	148
	200	51,1	142	50,5	145	50,4	140	50,2	147	50,6	145
4 Дюралюминий	2	5,0	148	5,1	143	5,1	143	5,2	137	5,2	137
	5	7,9	149	8,9	117	7,9	149	8,0	145	8,2	138
	10	11,3	145	11,3	145	11,4	143	11,3	145	11,4	143
	20	16,4	138	16,3	140	16,6	135	16,6	135	16,6	135
	50	25,2	146	25,2	146	25,3	145	25,3	145	25,6	142
	100	35,5	147	35,4	148	35,3	149	35,5	147	35,3	149
	200	50,1	148	50,3	147	50,4	146	50,4	146	50,3	147

* Микротвердость определялась как среднее арифметическое значение микротвердости четырех отпечатков для нагрузок 5, 10, 20, 50, 100, 200 Г и для 5 отпечатков при нагрузке в 2 Г.

В этой серии измерений использовались шлифы металлов, полученные путем механического шлифования и полирования, т. е. наклеп в поверхностном слое не был исключен, ввиду чего твердость испытуемых образцов была несколько повышенной у поверхности. Однако, поскольку измерения носили сравнительный характер, т. е. сравнивались результаты измерений, проведенных на сухих образцах и на тех же образцах, смоченных разными жидкостями, это обстоятельство не могло существенно исказить результаты.

И здесь в результате различия в микротвердости эти измерения доказали достоверность числа твердости, так и для по

Результаты образцов сухих

Для выяснения прочности при растяжении образцов из стали НР_в = Испытывались образцы № 10 и сухие. В качестве широко применяемых методов определялась прочность при растяжении по ГОСТ 1497-42. Для измерения использовались образцы типа 1, образец 2). Диаметр мест по длине образцов до 0,01 мм. При применении ма

№ образца	Значение
4	19,93; 1
7	19,71; 1
9	19,92; 1
1	19,91; 1
5	19,96; 1
70	20,05; 2
8	19,92; 1
2	19,89; 1
3	19,85; 1
20	19,87; 1

Как видно из приведенных жидкостей, которые при растяжении

Если некоторые авторы всестороннего сжатия, годами, утверждают, что активные вещества, то в результате опыта он в случае описанных в

1. В настоящей работе, измеренная микротвердость не меняется при изменении
2. Микротвердость не меняется при изменении
3. Показано, что микротвердость не меняется при смазывании

И здесь в результате этих измерений мы видим, что заметного и систематического различия в микротвердостях этих металлических образцов — нет. Таким образом, эти измерения доказывают, что и в области макротвердости, и в области микротвердости числа твердости, полученные при испытаниях, одинаковы как для сухой поверхности, так и для поверхности, смоченной поверхностно-активным веществом.

Результаты измерения предела прочности при растяжении σ_B образцов сухих и смазанных поверхностно-активными веществами

Для выяснения влияния поверхностно-активных жидкостей на величину предела прочности при растяжении были проведены сравнительные испытания на растяжение образцов из стали $H_{R_B} = 58-60$ на 35-тонной разрывной машине конструкции ЦНИИМАШ. Испытывались образцы, смазанные тавотом, техническим вазелином, автолом № 10 и сухие. В качестве поверхностно-активных веществ были намеренно выбраны широко применяемые в технике смазочные материалы. Для всех испытываемых образцов определялась максимальная нагрузка до разрушения P_B и вычислялся предел прочности при растяжении σ_B . Методика испытания и вычислений соответствовали ГОСТ 1497-42. Для испытания применялись нормальные круглые образцы для растяжения (пропорциональный образец круглого сечения; длинный образец $K = 11,5$, тип 1, образец 2). Диаметр образца замерялся перед испытанием микрометром в трех местах по длине образца в двух взаимно перпендикулярных положениях с точностью до 0,01 мм. При расчете σ_B брался наименьший диаметр. Точность силоизмерения на применявшейся машине отвечала требованиям ГОСТ и даже превышала их. При вычислении σ_B результат округлялся согласно ГОСТ.

Таблица 4

Результаты измерения предела прочности

№ образца	Замеры d мм	d_{min}	Среда	P_B кг	σ_B кг/мм ²
4	19,93; 19,93; 19,93	19,93	Сухая	12 155	40,0
7	19,71; 19,71; 19,70	19,70	»	12 200	40,0
9	19,92; 19,90; 19,91	19,90	»	12 365	40,0
1	19,91; 19,88; 19,86	19,86	»	12 660	41,0
5	19,96; 19,96; 19,98	19,96	Тавот	12 535	40,0
70	20,05; 20,03; 20,04	20,03	»	12 900	41,0
8	19,92; 19,94; 19,98	19,92	Технический вазелин	12 820	41,0
2	19,89; 19,79; 19,77	19,77	»	12 635	41,0
3	19,85; 19,86; 19,87	19,85	Автол № 10	12 430	40,0
20	19,87; 19,83; 19,83	19,83	»	12 635	41,0

Как видно из приведенных результатов испытаний, нанесение поверхностно-активных жидкостей, которыми являются смазки, не вызывает понижения предела прочности при растяжении по сравнению с пределом прочности сухих образцов.

Если некоторые авторы, ссылаясь на неверное представление о наличии условий всестороннего сжатия при измерении твердости и микротвердости статическими методами, утверждают, что твердость не должна меняться под действием поверхностно-активных веществ, то во всяком случае, с их точки зрения, предел прочности при растяжении не может не зависеть от действия поверхностно-активных веществ. Как видим, результаты опыта опровергают наличие влияния поверхностно-активных веществ в случае описанных видов механических испытаний для всех испытанных веществ.

Выводы

1. В настоящей работе показано, что твердость не вдавливание изученных веществ, измеренная методами Бринеля и Роквелла, не меняется в разных средах.
2. Микротвердость изученных веществ, измеренная на приборах ПМТ-2 и ПМТ-3, не меняется при измерении в разных средах.
3. Показано, что предел прочности при растяжении малоуглеродистой стали не меняется при смазывании поверхностно-активными веществами.

Поступила
7.11.1953

ных образцов
ивной жидко-
е. в поверх-
даже несколь-
раничиваются
делды ошибок

азах на при-

блица 3*
рности

Шлиф с бензи-
ном

длина диаго- нали, μ	твер- дость, кг/мм ²
-------------------------------	---------------------------------------

3,0	412
5,6	296
8,6	257
12,1	254
21,0	210
30,6	143
44,2	190

4,0	232
6,5	220
9,0	229
12,8	226
22,3	187
32,0	181
45,9	176

4,4	191
6,9	196
10,3	184
15,6	152
25,0	148
35,4	148
50,6	145

5,2	137
8,2	138
11,4	143
16,6	135
25,6	142
35,3	149
50,3	147

чение микро-
и для 5 отпе-

ные путем ме-
м слое не был
повышенной у
тер, т. е. срав-
тех же образ-
ственно иска-

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Б. Гогоберидзе. Журн. физ. хим. 26, 310, 1952; Вестник машиностроения, № 1, 1951.
2. Д. Б. Гогоберидзе и М. П. Беспечный, Журн. техн. физики, 11, 1950.
3. Д. Б. Гогоберидзе. Твердость и методы ее измерения, Машгиз, 1952.
4. М. И. Койфман, Минеральное сырье, 11, 27, 1936.
5. М. И. Койфман, Минеральное сырье, 11, 29, 1936.
6. М. И. Койфман и О. А. Сокова, Журн. техн. физики, 6, 1713, 1936.
7. М. И. Койфман, О. А. Сокова и В. Н. Григорович, Минеральное сырье, 11, 32, 1936.
8. М. И. Койфман, Д. И. Горонович и В. Н. Григорович, Минеральное сырье, 12, 972, 1937.
9. Б. В. Ильин, Kolloid. Zs. 1, 317, 1935.
10. Б. В. Ильин и В. Н. Иванов, Kolloid. Zs. 71, 266, 1935.
11. Б. Ильин, Т. Массилони и Н. Захаров, Kolloid. Zs. 63, 27, 1933.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
В ОБЪЕМ

Предлагаемый прибор состоит из вертикального капилляра, применяемого для измерения объема жидкостей. Минимальная погрешность измерения, как правило, жидкостей. Значения величин r и h измеряются тем же способом, что и при измерении объема. Таким образом,

где r — радиус внутренней поверхности капилляра, прилегающей к нижней стенке.

Нами произведены измерения в двойных смесях, а именно в смесях 5—10%. Эта методика измерения в одном капилляре жидкостей и смесей, жидкостей, которые образуются при смешивании жидкостей.

Данный метод измерения объема жидкостей и смесей имеет следующие особенности:

а) требует использования капилляра с известным радиусом;
 б) точность измерения объема жидкостей и смесей в капилляре;
 в) менее чувствителен к загрязнению капилляра;
 г) позволяет измерять объем жидкостей и смесей в капиллярах с разным радиусом;
 д) исключительная точность измерения объема жидкостей и смесей в капиллярах с разным радиусом;

е) исключительная точность измерения объема жидкостей и смесей в капиллярах с разным радиусом.

Этот метод в настоящее время используется в лаборатории химии Казанского государственного университета.

Казанский государственный университет
им. В. И. Ленина

1. П. А. Ребиндер
2. С. Д. Громов