



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

---

**Кафедра «Порошковая металлургия,  
сварка и технология материалов»**

**Е. Б. Демченко  
В. Е. Чигринов  
М. Н. Филиппов**

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

**Учебно-методическое пособие**

**Минск  
БНТУ  
2026**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов»

Е. Б. Демченко  
В. Е. Чигринов  
М. Н. Филиппов

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 6-05-0714-03  
«Инженерно-техническое проектирование  
и производство материалов и изделий из них»  
профилизации «Оборудование и технология  
сварочного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области металлургического оборудования и технологий*

Минск  
БНТУ  
2026

УДК 669.018.29.017(075.8)

ББК 34.431я7

ДЗ1

**Р е ц е н з е н т ы:**

декан факультета промышленной и радиационной безопасности  
МИПКиПК БНТУ, канд. техн. наук, доцент *А. С. Снарский*;  
директор филиала «Учебный центр подготовки, повышения  
квалификации и переподготовки кадров энергетики»  
РУП «Минскэнерго», канд. техн. наук, доцент *В. В. Саранцев*

**Демченко, Е. Б.**  
ДЗ1      Технология конструкционных материалов. Механические свойства металлов и сплавов : учебно-методическое пособие для студентов специальности 6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование и производство материалов и изделий из них» профилизации «Оборудование и технология сварочного производства» / Е. Б. Демченко, В. Е. Чигринов, М. Н. Филиппов. – Мн. : БНТУ, 2026. – 22 с.

ISBN 978-985-31-0176-8.

В учебно-методическом пособии изложены рекомендации по изучению материалов, посвященных механическим свойствам металлов и сплавов. Каждый материал содержит краткие теоретические сведения, вопросы для самоконтроля.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений автотракторных, машиностроительных и механико-технологических специальностей.

УДК 669.018.29.017(075.8)

ББК 34.431я7

**ISBN 978-985-31-0176-8**

© Демченко Е. Б., Чигринов В. Е.,  
Филиппов М. Н., 2026

© Белорусский национальный  
технический университет, 2026

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ .....	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА РАСТЯЖЕНИЕ (ГОСТ 1497-84) .....	15
3. ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛОВ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ (ГОСТ 9454-78).....	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	22

## ВВЕДЕНИЕ

Современная инженерная практика и технологический прогресс немислимы без глубокого понимания свойств материалов, используемых в различных отраслях промышленности. Среди всего многообразия конструкционных материалов особое место занимают металлы и сплавы, которые являются основой большинства машин, механизмов, строительных конструкций и инструментов. Их уникальные характеристики – прочность, пластичность, твердость, упругость, а также способность выдерживать различные виды нагрузок и агрессивные среды – делают их незаменимыми в производстве.

Ключевым аспектом, определяющим работоспособность, долговечность и безопасность изделий из металлов и сплавов, являются их механические свойства. Именно знание этих свойств позволяет инженерам, конструкторам и технологам правильно выбирать материалы для конкретных условий эксплуатации, прогнозировать их поведение под нагрузкой, разрабатывать оптимальные режимы работы и обеспечивать надежность выпускаемой продукции.

Данное учебно-методическое пособие «Технология конструкционных материалов. Механические свойства металлов и сплавов», призвано систематизировать и углубить знания студентов в этой фундаментальной области. Материал пособия охватывает широкий круг вопросов: от основных понятий и классификации механических свойств до методов их испытаний, влияния различных факторов на поведение материалов, а также принципов выбора и применения металлов и сплавов с заданными свойствами.

Пособие ориентировано на студентов машиностроительных специальностей и направлений подготовки дневной и заочной форм обучения, чья будущая профессиональная деятельность связана с проектированием, производством, эксплуатацией или исследованием изделий из металлов.

Структура пособия разработана таким образом, чтобы обеспечить последовательное и логичное изложение материала, начиная с теоретических основ и заканчивая практическими аспектами применения для самостоятельного изучения, подготовки к практическим занятиям, контрольным работам и экзаменам.

Надеемся, что данное учебно-методическое пособие станет надежным помощником студентам в освоении столь важной и интересной области знаний, как механические свойства конструкционных материалов, и послужит прочной основой для их дальнейшей успешной профессиональной деятельности.

Учебно-методическое пособие состоит из трех разделов, в которых приводятся теоретические сведения, знание которых необходимо для выполнения механических испытаний на производстве в лабораториях, а также в научной отрасли.

## 1. ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ

*Твердость* – это способность материала сопротивляться упруго-пластической деформации при внедрении в него более твердого тела. Методы измерения твердости: *статического и ударного вдавливания, царапин, отскока* и др. Твердость материала оценивают различными критериями и сравнивают по графикам (рис. 1.1) или по таблицам.

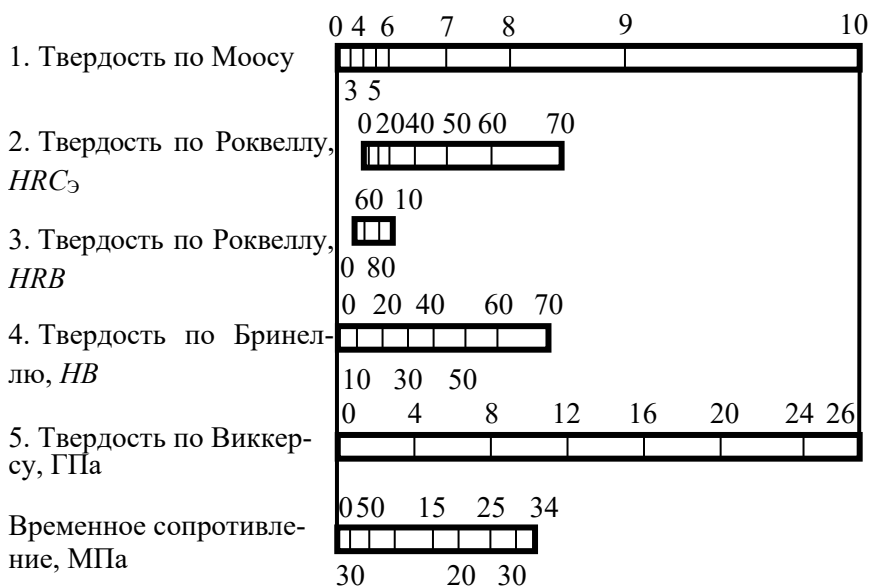


Рис. 1.1. Сравнительные значения твердости, измеренные различными методами

В инженерной практике распространение получили методы вдавливания в поверхность исследуемого материала другого, более твердого тела – *наконечника* определенной формы, который называется *индентором*. О твердости материала судят по размерам отпечатка индентора. Чем мягче материал, тем больше размеры отпечатка.

## Измерение твердости материалов по Бринеллю (ГОСТ 9012-59)

Для измерения твердости по Бринеллю (*HB*) используется шариковый твердомер типа ТШЗБ автоматического действия (рис. 1.2). Индентором служит стальной закаленный шарик (*HB*) или шарик из твердого сплава (*HBW*) диаметром  $D = 1; 2; 2,5; 5; 10$  мм.

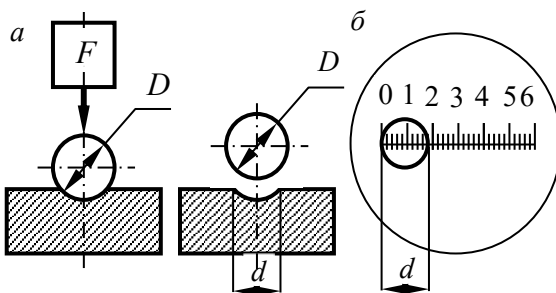


Рис. 1.2. Твердомер ТШЗБ и схема измерения твердости по Бринеллю (а, б)

Образец, изготовленный из испытываемого материала, устанавливают на подвижный столик твердомера и подводят его к индентору до упора. При нажатии пусковой кнопки прибора автоматически происходит приложение и снятие усилия нагрузки  $P$ , действующей на образец. От приложения усилия нагрузки шарик вдавливается в поверхность образца, образуя отпечаток, и в таком состоянии выдерживается в течение определенного времени  $t$ . После этого усилие нагрузки снимается.

Далее измеряют диаметр  $d$  полученного отпечатка с помощью лупы Бринелля (цена деления шкалы 0,05 мм). По диаметру  $d$  определяют твердость *HB*.

*Твердость по Бринеллю* – это отношение усилия нагрузки  $P$  к площади поверхности  $A$  полученного сферического отпечатка

$$HB(HBW) = \frac{P}{A}, \text{ кгс/мм}^2,$$

где  $A$  – площадь поверхности сферического отпечатка ( $\text{мм}^2$ ), рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d_{\text{cp}}^2})}{2},$$

$d_{\text{cp}}$  – среднеарифметическое из двух измерений диаметра отпечатка, сделанных в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Тогда имеем

$$HB(HBW) = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d_{\text{cp}}^2})}.$$

Усилие вдавливания  $P$ , диаметр шарика  $D$  и время выдержки  $t$  выбирают в зависимости от материала по табл. 1.1 и 1.2. Испытание считается действительным, если диаметр отпечатка лежит в пределах  $0,24D < d < 0,6D$ . В других случаях испытания требуют корректировки в соответствии с ГОСТ 9012-59.

Метод Бринелля позволяет измерять твердость в пределах: стальным закаленным шариком  $HB = (8 \dots 450)$  единиц и шариком из твердого сплава  $HBW = (450 \dots 650)$ .

Таблица 1.1

Выбор времени выдержки в зависимости от твердости материала образца

Твердость по Бринеллю $HB$ ( $HBW$ ), кгс/мм <sup>2</sup> (МПа)	Время выдержки $t$ , с
$HB < 10$ (100)	180
$10$ (100) $< HB < 35$ (350)	120
$35$ (350) $< HB < 100$ (1000)	30
$HB > 100$ (1000)	10...15

Примеры выбора диаметра шарика в зависимости  
от усилия нагрузки  $P$

Диаметр шарика $D$ , мм	Усилие нагрузки $P$ , н
1,0	$10 < P < 300$
2,0	$40 < P < 1\ 180$
2,5	$61 < P < 1\ 840$
5,0	$245 < P < 7\ 350$
10,0	$980 < P < 29\ 400$

Если при испытаниях образца ( $P = 3000$  кгс,  $D = 10$  мм,  $t = (10...15)$  с) получена твердость  $200$  кгс/мм<sup>2</sup>, то твердость по Бринеллю обозначается  $200\ HB$ . Во всех остальных случаях, связанных с изменением условий измерения твердости, в обозначении обязательно указываются диаметр шарика, нагрузка и время выдержки.

Например,

$200\ HB\ 5/750/20$ ,

где  $D = 5$  мм;  $P = 750$  кгс;  $t = 20$  с;  $200$  – значение твердости в кг/мм<sup>2</sup>.

При измерении твердости шариком из твердого сплава твердость обозначается  $HBW$  ( $500\ HBW$ ).

### Измерение твердости материалов по Роквеллу (ГОСТ 9013–59)

Для вдавливания в материал используют индентор в виде алмазного или твердосплавного конуса с углом при вершине  $120^\circ$ , а также закаленного шарика диаметром  $1,588$  мм. Применение различных инденторов и усилий вдавливания позволяет использовать 9 способов измерения твердости по Роквеллу, которые обозначаются  $HRA$ ,  $HRB$ ,  $HRC_\alpha$ ,  $HRD$ ,  $HRE$ ,  $HRF$ ,  $HRG$ ,  $HRH$ ,  $HRK$ .

Шариковый индентор используется для измерения твердости металлов до  $250\ HB$ . Индентор в виде алмазного конуса используется для измерения твердости закаленных сталей и других очень твер-

дых материалов. Применяемые на практике характеристики измерения твердости способами Роквелла приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Выбор наконечника и нагрузки для измерения твердости по Роквеллу

Обозначение твердости по Роквеллу	Индентор	Общее усилие испытательной нагрузки $P_1 + P_0$ , Н	Измеряемая твердость (ориентир) по Виккерсу, МПа	Допускаемый интервал измеряемой твердости по шкале прибора Роквелла
<i>HRB</i>	Стальной шарик	1000	600...2 400	25...100
<i>HRC<sub>3</sub></i>	Алмазный конус	1500	2 400...9 000	20...67
<i>HRA</i>	Алмазный конус	600	3 900...9 000	70...85

Твердость по Роквеллу определяют расстоянием, которого вершина индентора при вдавливании не достигла до условного уровня проникновения (0,2 мм), принимаемого за нуль твердости (рис. 1.3).

$$HR = \frac{0,2 - (h - h_0)}{0,002} = \frac{0,2 - e}{0,002}.$$

Для измерения твердости образцов по Роквеллу необходимо:

1. Включить прибор и установить деталь (образец) на стол. Стрелки индикатора прибора находятся в произвольном положении.
2. Подвести деталь к наконечнику с помощью телескопического подъемника таким образом, чтобы указатель маленькой стрелки индикатора совместился с точкой на его циферблате. На образец действует сила вдавливания  $P_0 = 980$  Н. Индентор внедряется на глубину  $h_0$ .
3. Поворотом внешнего кольца индикатора установить нулевое деление шкалы *S* подвижного циферблата напротив указателя большой стрелки. Прибор готов к измерению твердости.

4. Включить автоматическое нагружение основным усилием  $P_1$ . От воздействия общего усилия  $P_0 + P_1$  стрелки индикатора приходят в движение.

5. После автоматического отключения основного усилия  $P_1$  по указанию большой стрелки зафиксировать твердость на циферблате, измеряемую индентором, который находится на глубине  $h$ .

6. Опустить стол с помощью телескопического устройства и снять образец.



Рис. 1.3. Твердомер ТК2Б и схема измерения твердости по Роквеллу

**Примечания:**

- твердость измеряется на поверхности, очищенной от ржавчины, загрязнений, окалины;
- измерения проводятся не менее трех раз и принимают среднее значение;
- твердость по Роквеллу обозначают с учетом условий измерения: 58  $HRC_3$ ; 73  $HRA$ ; 85  $HRB$ ;
- расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее четырех диаметров, но не менее 2 мм (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Значения твердости, измеренные различными методами

$P = 3\ 000\ \text{кг}, D = 10\ \text{мм},$ $t = (10 \dots 15)\ \text{с}$		Твердость по Роквеллу			Твердость по Виккерсу, МПа	Временное сопротив- ление $\sigma_b$ , МПа
Диаметр отпечатка, мм	Твердость по Бринеллю, <i>HB</i>	<i>HRC</i> <sub>30</sub>	<i>HRA</i>	<i>HRB</i>		
1	2	3	4	5	6	7
2,20	780	72	89	–	12 240	–
2,25	745	70	87	–	11 160	–
2,30	712	68	85,5	–	10 220	–
2,35	682	66	84,5	–	9 410	–
2,40	653	64	83,5	–	8 680	–
2,45	627	62	82,5	–	8 040	–
2,50	601	60	81	–	7 460	–
2,55	578	68	80	–	6 940	–
2,60	555	56	79	–	6 490	–
2,65	534	54	78	–	6 060	–
2,70	514	52	77	–	5 870	–
2,75	495	50	76	–	5 510	1 780
2,80	477	49	75,5	–	5 340	1 720
2,85	461	48	74,5	–	5 020	1 650
2,90	444	46	73,5	–	4 730	1 600
2,95	429	45	73	–	4 500	1 550
3,00	415	44	72,5	–	4 350	1 490
3,05	401	42	71,5	–	4 120	1 440
3,10	388	41	71	–	4 010	1 395
3,15	375	40	70,5	–	3 900	1 350
3,20	363	39	70	–	3 800	1 305
3,25	352	38	69,5	–	3 610	1 265
3,30	341	37	69	–	3 440	1 225
3,35	331	36	68,5	–	3 350	1 195
3,40	321	35	68	–	3 200	1 155
3,45	311	34	67,5	–	3 120	1 115

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
3,50	302	33	67	–	3 050	1 085
3,55	293	31	66	–	2 910	1 055
3,60	286	30	65,5	–	2 850	1 030
3,65	277	29	65	–	2 780	995
3,70	269	28	64,5	–	2 720	970
3,75	262	27	64	–	2 610	945
3,80	255	26	63,5	–	2 550	920
3,85	248	25	63	–	2 500	895
3,90	241	24	62,5	100	2 400	870
3,95	235	23	62	99	2 350	845
4,00	228	22	61,5	98	2 260	825
4,05	223	21	61	97	2 210	800
4,10	217	20	60	97	2 170	780
4,15	212	19	59,5	96	2 130	760
4,20	207	18	59	95	2 090	745
4,25	22	16	58	94	2 010	720
4,30	196	12	57	93	1 970	705
4,35	192	11	–	92	1 900	690
4,40	187	–	–	91	1 860	675
4,45	183	–	–	90	1 830	660
4,50	179	–	–	89	1 770	640
4,55	174	–	–	87	1 740	625
4,60	170	–	–	86	1 710	610
4,65	166	–	–	85	1 650	600
4,70	163	–	–	84	1 620	585
4,75	159	–	–	83	1 590	575
4,80	156	–	–	82	1 540	560
4,85	153	–	–	81	1 520	550
4,90	149	–	–	80	1 490	535
4,95	146	–	–	78	1 470	525
5,00	143	–	–	76	1 440	510
5,05	140	–	–	76	–	500

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7
5,10	137	–	–	75	–	495
5,15	134	–	–	74	–	485
5,20	131	–	–	72	–	470
5,25	128	–	–	71	–	460
5,30	126	–	–	69	–	450
5,35	124	–	–	69	–	440
5,40	121	–	–	67	–	435
5,45	118	–	–	66	–	425
5,50	116	–	–	65	–	420
5,55	114	–	–	64	–	415
5,60	112	–	–	62	–	405
5,65	109	–	–	61	–	390
5,70	107	–	–	59	–	385
5,75	105	–	–	58	–	380
5,80	103	–	–	57	–	370
5,85	101	–	–	56	–	365
5,90	99	–	–	54	–	355
5,95	97	–	–	53	–	350
6,00	96	–	–	52	–	345

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА РАСТЯЖЕНИЕ (ГОСТ 1497-84)

При испытаниях на растяжение определяют следующие механические характеристики металла:

- предел пропорциональности;
- модуль упругости;
- физический предел текучести;
- условный предел текучести;
- временное сопротивление;
- относительное равномерное удлинение;
- относительное удлинение после разрыва;
- относительное сужение поперечного сечения после разрыва.

Для испытаний на растяжение используют разрывные машины, которые позволяют плавно изменять прилагаемое к образцу усилие и записывать диаграмму растяжения. Фотография разрывной машины приведена на рис. 2.1.

Для испытаний в соответствии с ГОСТ 1497-84 изготавливают цилиндрические или плоские образцы из исследуемого материала диаметром (толщиной, шириной) в рабочей части от 3 до 30 мм и расчетной длиной  $l = 5,65\sqrt{F_0}$  или  $l = 11,3\sqrt{F_0}$ .

Расчет механических свойств осуществляют по диаграмме растяжения (рис. 2.2), вид которой зависит от материала, способа его обработки и других факторов.

Рассмотрим диаграмму растяжения с площадкой текучести, характерную для низкоуглеродистой стали (рис. 2.3). Показанное на диаграмме усилие растяжения  $P_{\text{пц}}$  называют усилием предела пропорциональности, а напряжение  $\sigma_{\text{пц}}$  – пределом пропорциональности.

Для нагрузки  $P_{\text{пц}}$  удлинение образца пропорционально усилию растяжения, и при его снятии образец восстанавливает свои первоначальные форму и размеры;  $P_{\text{т}}$  – усилие предела текучести физического, соответствует нагрузке, когда деформация образца происходит без ее увеличения;  $\sigma_{\text{т}}$  – предел текучести (физический).

Для диаграмм растяжения, на которых отсутствует площадка текучести, определяют  $P_{0,2}$  – усилие предела текучести (условное) и  $\sigma_{0,2}$  – предел текучести (условный).



Рис. 2.1. Гидравлический пресс для испытаний на растяжение

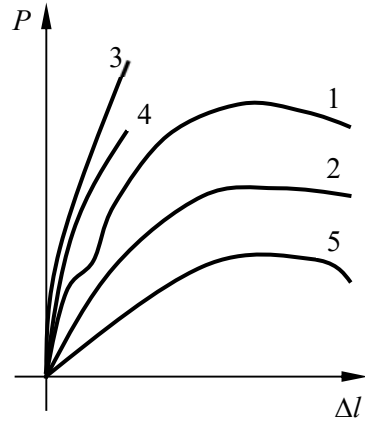


Рис. 2.2. Характерные диаграммы испытаний на растяжение для:  
 1 – низкоуглеродистой стали;  
 2 – электролитической стали;  
 3 – меди после обработки давлением в холодном состоянии;  
 4 – серого чугуна; 5 – алюминия

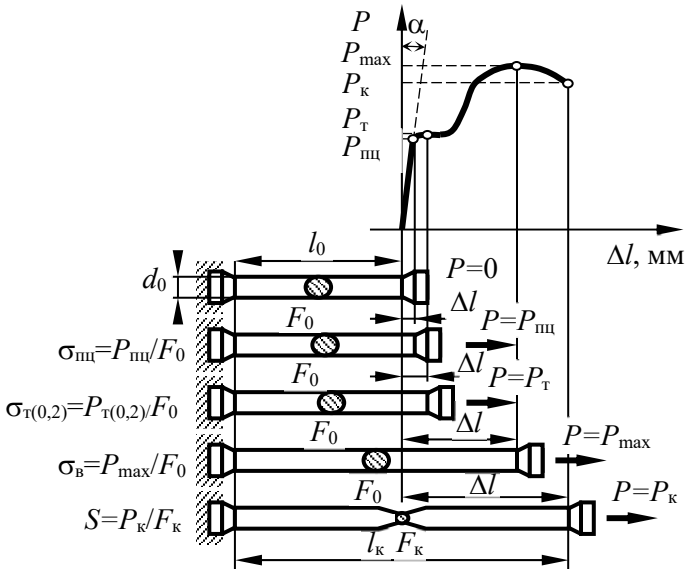


Рис. 2.3. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали и схемы определения характеристик прочности

Эти показатели определяют, когда пластическая деформация образца  $\Delta l$  достигает 0,2 % от его рабочей длины  $l_0$ . Значение  $P_{0,2}$  находят графическим путем: на оси деформации откладывают отрезок, равный 0,2 % от  $l_0$ . Из полученной точки проводится линия, параллельная линии упругой деформации до пересечения с кривой «нагрузка – деформация». Проекция точки пересечения на ось сил дает искомую  $P_{0,2}$ ;  $P_{\max}$  – максимальное усилие, которое выдерживает образец при растяжении;  $\sigma_{\text{в}}$  – временное сопротивление;  $P_{\text{н}}$  – усилие, соответствующее истинному напряжению разрыва  $S$ .

Усилие  $P_{\text{н}}$  меньше  $P_{\max}$ , что объясняется прогрессирующим уменьшением сечения образца после достижения  $P_{\max}$ .

При испытаниях на растяжение определяются характеристики пластичности сплава:

– относительное удлинение  $\delta$ , %

$$\delta = \frac{l_{\text{к}} - l_0}{l_0} \times 100 \%;$$

– относительное сужение поперечного сечения  $\psi$ , %

$$\psi = \frac{F_0 - F_{\text{к}}}{F_0} \times 100 \%,$$

где  $l_0$ ,  $F_0$  – начальные расчетные длина и площадь поперечного сечения образца;

$l_{\text{к}}$  – длина расчетной части образца после разрыва;

$F_{\text{к}}$  – площадь поперечного сечения образца в месте разрушения.

*Примечания:*

– типы и размеры пропорциональных цилиндрических и плоских образцов приведены в ГОСТ 1497-84;

– для плоских образцов соотношение между шириной и толщиной в рабочей части образца не должно превышать 8:11;

– не учитывают результаты испытаний при разрыве образца по кернам (рискам), при разрыве за пределами расчетной длины образца; при разрыве по дефектам металлургического производства.

### 3. ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛОВ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ (ГОСТ 9454-78)

Метод основан на разрушении образца с концентратором посередине на маятниковом копре одним ударом. Под ударной вязкостью следует понимать работу удара, отнесенную к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора.

ГОСТ 9454-78 предусматривает изготовление 20 типов образцов длиной 55 мм и 140 мм различного поперечного сечения (от 10×8 мм до 2×11 мм) и формы концентратора – *U*, *V*, *T* (рис. 3.1).

Испытания проводятся на маятниковом копре с энергией удара от 4,9 до 294 Дж. Энергия удара выбирается на 10 % больше, чем энергия, необходимая для разрушения образцов. Схема испытаний показана на рис. 3.2. Общий вид копра представлен на рис. 3.3.

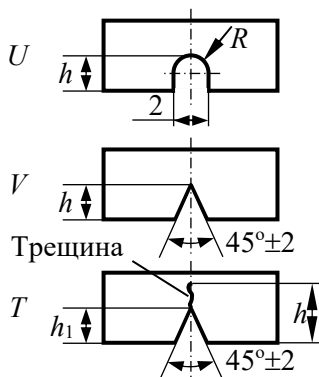


Рис. 3.1. Форма и размеры образцов и концентраторов

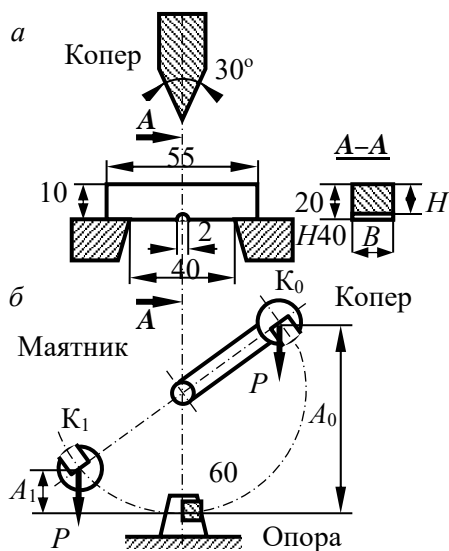


Рис. 3.2. Схема испытаний на ударную вязкость:  
*а* – положение образца при испытании;  
*б* – схема маятникового копра

Маятник копра устанавливают в исходное положение на высоту  $A_0$  (запас энергии  $K_0$ ) и удерживают защелкой. В нижней точке траектории маятника на опорах устанавливают образец так, чтобы

надрез располагался с противоположной стороны ножа копра. Освобожденный от защелки копер падает вниз по траектории маятника, разрушает образец и поднимается вверх на определенную высоту  $A_1$ , что соответствует запасу энергии  $K_1$ .



Рис. 3.3. Маятниковый копер

Энергии копра  $K_1$  и  $K_0$  автоматически регистрируются указателями индикатора.

Ударная вязкость вычисляется по формуле:

$$K_C = \frac{K_0 - K_1}{S_0} = \frac{K}{S}, \text{ Дж/см}^2,$$

где  $K$  – работа удара, Дж;

$S_0 = H_1 \cdot B$  – начальная площадь поперечного сечения образца в месте концентратора,  $\text{см}^2$ ;

$H_1$  – начальная высота рабочей части образца, см;

$B$  – начальная ширина образца, см.

Ударную вязкость обозначают

$KCT^{+100} 150/3/7,5-18$ ,

где КС – символ ударной вязкости;

$T$  – вид концентратора;

+100 – температура в °С, при которой происходит испытание;

150 – максимальная энергия удара копра маятника 150 Дж, устанавливаемая перед испытанием;

$h = 3$  мм – глубина концентратора;

$B = 7,5$  мм – ширина образца;

18 – расчетное значение ударной вязкости, Дж/см<sup>2</sup>.

Если испытания проводятся с максимальной энергией удара маятника 294 Дж для образцов  $B = 10$  мм и глубиной концентратора  $h = 2$  мм (для концентраторов  $U$  и  $V$ ) или  $h = 3$  мм для концентратора вида  $T$  (образцы 1,1–1 и 15 типов по ГОСТ 9454-73), то в обозначении полученной ударной вязкости отсутствуют параметры испытания. Записывается затраченная энергия на разрушение образца: КСТ–18 Дж/м<sup>2</sup>.

Если в результате испытания образец не разрушился полностью, то показатель качества материала считают не установленным. В этом случае в протоколе испытаний указывают, что образец при максимальной энергии удара маятника не был разрушен.

В отдельных случаях при определении ударной вязкости хрупких материалов (чугунов, силуминов, сталей с твердостью  $HRC_{55}$ ) допускают применять образцы с размерами 10×10×55 мм без предварительно нанесенных концентраторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного учебно-методического пособия мы подробно рассмотрели фундаментальные аспекты механических свойств металлов и сплавов – ключевого элемента в материаловедении и инженерии. Мы углубились в классификацию свойств, изучили основные методы их определения, проанализировали влияние различных факторов на поведение материалов, а также принципы их выбора и применения в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Освоение этих знаний позволяет будущим специалистам не только грамотно выбирать материалы для конкретных инженерных задач, но и прогнозировать их поведение в условиях эксплуатации, обеспечивать надежность и долговечность конструкций, а также эффективно решать возникающие технологические проблемы. Понимание механических свойств является неотъемлемой частью процесса проектирования, производства, контроля качества и эксплуатации любого изделия, где используются металлы и сплавы.

Таким образом, знание механических свойств металлов и сплавов выступает краеугольным камнем в подготовке современного инженера, технолога и конструктора. Это не просто набор теоретических данных, а мощный инструмент для принятия обоснованных решений, минимизации рисков и оптимизации производственных процессов. В динамично развивающемся мире технологий способность оперировать этими данными становится конкурентным преимуществом и основой для инноваций.

Надеемся, что представленный материал не только систематизировал ваши знания в области технологии конструкционных материалов, но и послужил стимулом для дальнейшего изучения этой увлекательной и жизненно важной области. Успешное применение полученных знаний на практике станет залогом вашего профессионального роста и вклада в развитие современной промышленности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.

2. Технология конструкционных материалов : учебник для технических специальностей вузов / О. С. Комаров [и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. – Мн. : Новое знание, 2005. – 539 с.

3. Металловедение и технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум : учеб. пособие / О. С. Комаров, Л. Ф. Керженцева, Е. Б. Демченко [и др.] ; под ред. О. С. Комарова. – Мн. : Новое знание, 2016. – 308 с.

Учебное издание

**ДЕМЧЕНКО** Евгений Борисович  
**ЧИГРИНОВ** Виталий Евгеньевич  
**ФИЛИППОВ** Максим Николаевич

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 6-05-0714-03  
«Инженерно-техническое проектирование  
и производство материалов и изделий из них»  
профилизации «Оборудование и технология  
сварочного производства»

Редактор *А. С. Козловская*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 06.03.2026. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,33. Уч.-изд. л. 0,75. Тираж 50. Заказ 377.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.