Технический комитет по стандартизации
«Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259)

Закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма
«Центральное конструкторское бюро арматуростроения»

ЦКБА

СТАНДАРТ ЦКБА

СТ ЦКБА 091-2011

Арматура трубопроводная

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ

НПФ «ЦКБА»
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (ЗАО «НПФ «ЦКБА»).

2 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом ЗАО «НПФ «ЦКБА» от 13.07.2011 № 44.

3 СОГЛАСОВАН:

Техническим комитетом по стандартизации «Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК 259).

4 РАЗРАБОТАН на основе РД 302-07-20–93 «Определение механических свойств стали методом вдавливания индентора».

По вопросам заказа стандартов ЦКБА
обращаться в ЗАО «НПФ «ЦКБА»
по тел/факс: (812) 458-72-04, 458-72-36, 458-72-43
195027, Россия, С-Петербург, пр.Шаумяна, 4, корп.1, лит.А.
E-mail: standard@ckba.ru

© ЗАО «НПФ «ЦКБА», 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён без разрешения ЗАО «НПФ «ЦКБА»

Содержание

Введение 4
1 Область применения 6
2 Нормативные ссылки 6
3 Обозначения 7
4 Основные положения и описание метода 8
5 Измерение твёрдости 8
5.1 Основные положения 8
5.2 Подготовка и требования к изделию и его поверхности 11
5.3 Требования к приборам 12
5.4 Подготовка и проведение испытаний 12
6 Определение характеристик механических свойств 9
Приложение А (справочное) Приборы для измерения твёрдости 16
Приложение Б (справочное) Перевод значений твёрдости, определяемых методами HB, HV и HR (стандартные шкалы A, B и C) 17
Приложение В (справочное) Таблицы расчётных значений механических характеристик по результатам измерений твёрдости 18
Библиография 31
Лист регистрации изменений 33

Введение

Твёрдость – это сопротивление, которое оказывает испытуемое тело при внедрении в него другого более твёрдого тела (индентора).

Метод определения механических свойств стали по твёрдости по сравнению с растяжением позволяет определять:

- механические свойства в небольшом объёме, что имеет большое значение для оценки степени однородности;

- механические свойства поверхностного слоя стали, что весьма важно, так как разрушение при изгибе, кручении и растяжении с перекосом начинается с поверхности. К тому же, вследствие воздействия агрессивных сред на поверхности стали наблюдаются наибольшие изменения.

Кроме того, в процессе изготовления деталей трубопроводов резанием на поверхности может возникать наклёп, а в процессе термообработки – обезуглероживание. Поэтому представляют интерес методы, которые оценивали бы свойства поверхностного слоя стали. Таким методом является метод твёрдости. Однако стоит учитывать, что при помощи твёрдости оцениваются механические свойства в том месте, где производится её определение. В зависимости от степени однородности стали по сечению метод твёрдости может дать следующую информацию:

1. Материал однороден по всему сечению изделия, т. е. поверхностный слой по своим свойствам не отличается от сердцевины. Тогда определение механических свойств по твердости на поверхности изделия дает информацию о свойствах не только поверхностного слоя, но и всего изделия;

2. Материал неоднороден, причем неоднородность выражается в том, что поверхностный слой отличается по своим свойствам от однородной сердцевины. Тогда определение механических свойств по твердости на поверхности дает информацию о свойствах стали только поверхностного слоя. Для получения информации о свойствах сердцевины необходимо при испытании поверхностный слой удалить;

3. Материал неоднороден по всему сечению, т. е. не только поверхностный слой по своим свойствам отличается от сердцевины, но и сама сердцевина неоднородна. В этом случае метод твёрдости дает сведения только о механических свойствах поверхностного слоя. По этим свойствам можно судить о средних свойствах металла всего изделия, если будет установлена связь между свойствами поверхностного слоя и средними свойствами всего изделия.

Применение методов механических испытаний на твёрдость в настоящее время получило широкое распространение. Они позволяют:

1) легко и быстро испытывать ограниченно малые объёмы металла;

2) проводить механические испытания тогда, когда практически никакие другие способы по тем или иным причинам использовать нельзя;

3) испытывать материалы практически без повреждаемости (другие методы механических испытаний сопровождаются безвозвратным повреждением испытуемого образца материала);

4) использовать образцы с предварительной обработкой только малого участка поверхности материала;

5) определять твёрдость в микросечениях и микрообъёмах, например в структурных составляющих, отдельных фазах или слоях материала;

6) использовать компактные портативные приборы, позволяющие выполнять измерения на действующих трубопроводах;

7) легко устанавливать эмпирическую или аналитическую связь получаемых результатов с данными других испытаний.

Метод измерения твёрдости является незаменимым при определении характеристик механических свойств стали эксплуатирующейся трубопроводной арматуры без повреждения.

С Т А Н Д А Р Т Ц К Б А

Арматура трубопроводная ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ

Дата введения – 01.01.2012

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на арматуру трубопроводную из углеродистых, легированных и высоколегированных марок сталей и устанавливает методы определения характеристик механических свойств (временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения и относительного сужения) по результатам измерений твёрдости.

Стандарт рекомендуется применять в тех случаях, когда по условиям производства требуется проведение большого количества испытаний при стабильном уровне сдаточных характеристик механических свойств, а также при определении механических свойств основных деталей арматуры при эксплуатации для оценки остаточного ресурса.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения

ГОСТ 8.398-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы для измерения твёрдости металлов и сплавов. Методы и средства поверки

ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 2999-75 Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу

ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твёрдости по Бринеллю

ГОСТ 9013-59 Металлы. Метод измерения твёрдости по Роквеллу

ГОСТ 18835-73 Металлы. Метод измерения пластической твёрдости

ГОСТ 22761-77 Металлы и сплавы. Метод измерения твёрдости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия

ГОСТ 23677-79 Твердомеры для металлов. Общие технические требования

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

НВ – Твёрдость по Бринеллю

HR – Твёрдость по Роквеллу

HV – Твёрдость по Виккерсу

НД – Пластическая твёрдость

Д – Диаметр вдавливаемого шарика

d – Среднее арифметическое измерение взаимно перпендикулярных диаметров отпечатка

P_1, P_2 – Нагрузки, последовательно прилагаемые к образцу

h_1, h_2 – Глубины отпечатков, измеренные после снятия нагрузок P_1 и P_2 соответственно

$\sigma_в^{НВ}$ – Временное сопротивление, полученное по твёрдости *НВ*

$\sigma_{0.2}^{НД}$ – Передел текучести (условный), полученный по твёрдости *НД*

$\delta^{НД}$ – Относительное удлинение, полученное по твёрдости *НД*

$\psi^{НД}$ – Относительное сужение, полученное по твёрдости *НД*

4 Основные положения и описание метода

4.1 Определение механических свойств сталей по значениям твёрдости основано на расчётах уравнений парной регрессии, полученных математико-статистической обработкой результатов имеющихся серийных стандартных испытаний или специально проведённых парных испытаний на растяжение и твёрдость.

4.2 Методы, применяемые для определения характеристик механических свойств стали трубопроводной арматуры:

1) по диаграмме вдавливания шарового индентора;

2) использование предварительно установленных корреляционных соотношений между значениями твёрдости и искомыми механическими свойствами.

4.3 Для установления зависимостей между твёрдостью и характеристиками растяжения рекомендуются следующие пары «характеристика растяжения – твёрдость»:

- временное сопротивление: $\sigma_в$ – *НВ*;
- предел текучести: $\sigma_{0,2}$ – *НД*;
- относительное удлинение: δ – *НД*;
- относительное сужение: ψ – *НД*.

5 Измерение твёрдости

5.1 Основные положения

5.1.1 В зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения параметров вдавливания индентора механические методы определения твёрдости подразделяются на:

– статические;

– динамические (ударные).

Статические методы подразумевают медленное приложение нагрузки и выдержку под нагрузкой. В динамических методах нагрузка прилагается быстро, а выдержка под нагрузкой не предусматривается.

5.1.2 Методы измерения твёрдости и краткий перечень наиболее известных приборов измерения твёрдости приведены в приложении А.

5.1.3 В зависимости от характера воздействия наконечника существует 3 способа измерения твёрдости:

1) способ вдавливания (внедрения). Характеризует сопротивление стали пластической деформации;

2) способ упругого отскока. Характеризует упругие свойства стали;

3) способ царапания. Характеризует сопротивление стали разрушению путем среза.

Перспективным и высокоточным методом является метод непрерывного вдавливания, при котором производится непрерывная регистрация процесса вдавливания индентора с записью диаграммы «нагрузка на индентор – глубина вдавливания индентора».

5.1.4 Наиболее широко применяемыми в промышленности способами измерения твёрдости являются:

- вдавливание стального шарика по ГОСТ 9012 (метод Бринелля);

- вдавливание стального конуса по ГОСТ 9013 (метод Роквелла);

- вдавливание четырехгранной алмазной пирамиды по ГОСТ Р ИСО 6507-1 и ГОСТ 2999 (метод Виккерса).

Особенности различных методов измерений твёрдости приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Особенности различных методов измерений твёрдости

Метод	Способ измерения	Форма индентора	Нагружение F, Н	Допустимая шероховатость поверхности Ra
Бринелля	по диаметру отпечатка	стальной шарик	статичиское 24,5 – 29430	1,25 - 2,5
Роквелла	по глубине вдавливания	алмазный конусный наконечник или стальной шариковый	статическое 490,3-1373	0,38 - 2,5
Виккерса	по глубине вдавливания или по диагонали отпечатка	алмазный наконечник в форме правильной четырехгранной пирамиды	статическое 9,807-980,7	0,02 - 0,04

5.1.5 Метод определения твёрдости выбирается в зависимости от различных факторов:

- твёрдости материала;

- размеров и формы образцов (детали);

- толщины измеряемого слоя материала;

- задач измерения и условий его проведения и пр.

5.1.6 Классификация методов измерения твёрдости представлена на рисунке 1.

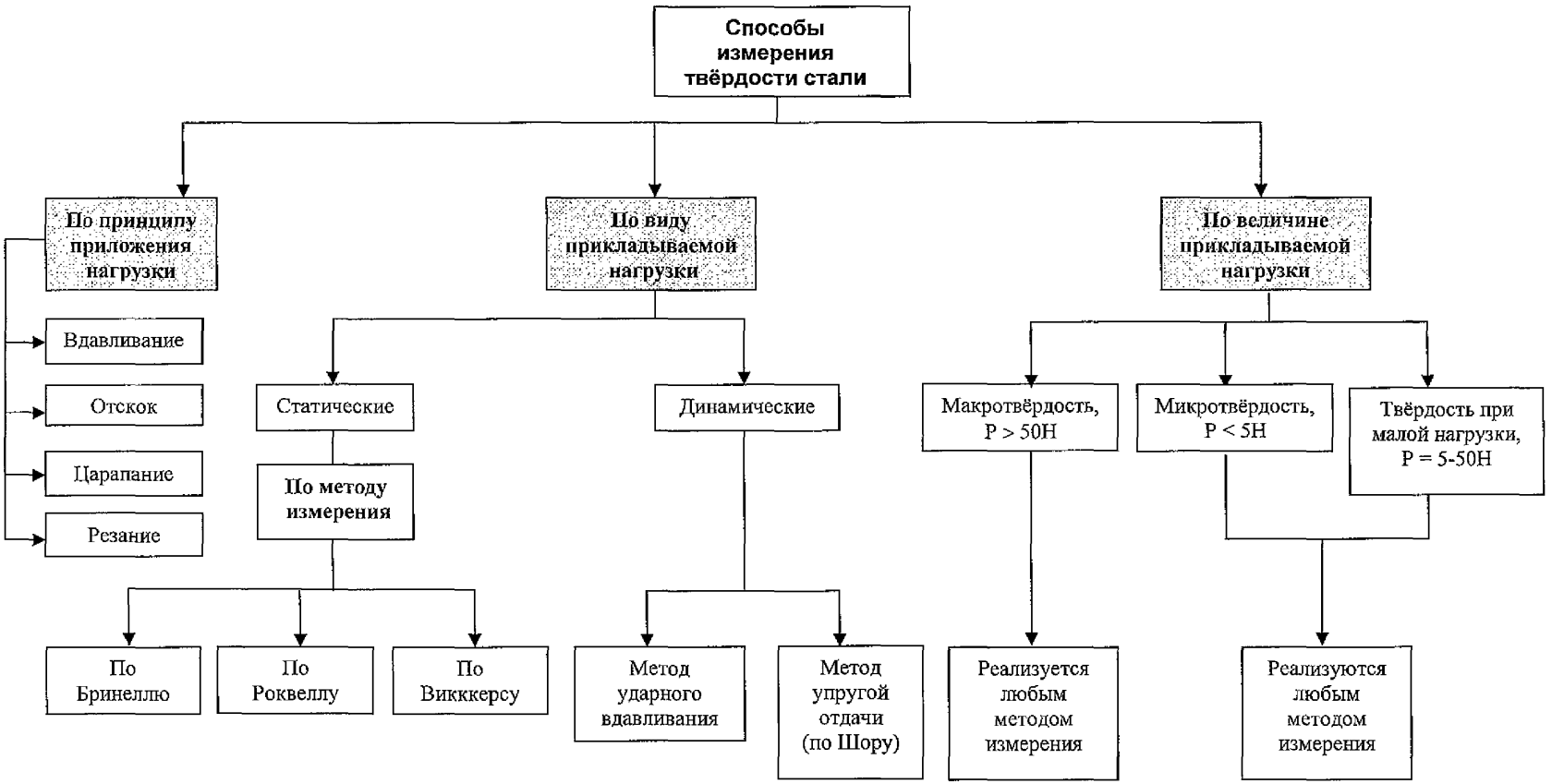


Рисунок 1 – Классификация методов измерения твёрдости

5.2 Подготовка и требования к изделию и его поверхности

5.2.1 Измерение твёрдости проводится на образцах от полуфабрикатов или литейных проб, на отливках или изделиях.

5.2.2 Подготовка изделий (образцов) к испытаниям на твёрдость, размеры образцов, качество подготовки поверхности должны соответствовать стандартам, регламентирующим используемый метод испытания.

5.2.3 Поверхность изделия (образца), на которой определяется твёрдость, должна быть:

- сухой и чистой;
- ровной и плоской;
- отшлифована и зачищена до металлического блеска;
- должна быть без следов окалины, ржавчины, краски, грубых рисок, выбоин, канавок, царапин и других посторонних включений;
- недопустим наклеп от холодной обработки или отпуск при излишнем нагреве;
- толщина контролируемого изделия (образца) должна быть не менее 10-кратной глубины отпечатка.

5.2.4 Требования к шероховатости поверхности изделия (образца) должны соответствовать ГОСТ 2789 и стандартам, регламентирующим используемый метод испытания.

5.2.5 Образец должен быть подготовлен таким образом, чтобы не изменялись свойства металла в результате механической или другой обработки, например, от нагрева или наклёпа.

5.2.6 Для проведения парных испытаний отбираются заготовки одной марки в трёх состояниях: с минимальным, средним и максимальным уровнем прочности.

5.2.7 Для проведения парных испытаний отбираются заготовки, размеры которых и шероховатость поверхности должны обеспечить возможность определения твёрдости по видам испытаний, указанных в 6.2.1, а также возможность вырезки не менее, чем трёх образцов на растяжение. Допускается измерение твёрдости на головках образцов на растяжение.

5.2.8 При изготовлении образцов на твёрдость и растяжение необходимо соблюдать требования нормативно-технической документации, касающиеся места их вырезки из заготовок, а также принимать меры против возможных изменений свойств металла, возникающих в результате механической обработки.

5.2.9 Испытание на растяжение проводится в соответствии с ГОСТ 1497 на образцах пятикратной длины с диаметром расчётной части 10 мм. Допускается применять образцы пятикратной длины с диаметром расчётной части 5-6 мм.

5.2.10 В отдельных случаях, состояние поверхности изделия (образца), допустимое для проведения испытаний, определяется требованиями паспорта на используемый прибор или руководством по эксплуатации.

5.3 Требования к приборам

5.3.1 Измерение твёрдости производится на стационарных, переносных и портативных приборах. Подготовка прибора к проведению измерений производится в соответствии с руководством по эксплуатации или паспортом на прибор.

5.3.2 Приборы должны быть сертифицированы и внесены в Государственный реестр средств измерений, допущенных к использованию в РФ.

5.3.3 Приборы должны быть поверены согласно ГОСТ 8.398 или аттестованы в органах метрологической службы.

5.3.4 Для определения пластической твёрдости (см. приложение к ГОСТ 18835) твердомеры должны быть оснащены приспособлениями для измерения глубины отпечатков с ценой деления 0,01 мм. Цена деления устройства для измерения диаметра отпечатка при определении НВ не более 0,05 мм.

5.3.5 Определение механических свойств по твёрдости при серийных испытаниях готовых деталей и изделий может производиться с помощью переносных твердомеров по ГОСТ 22761.

5.3.6 Перед проведением измерений твёрдости на действующих объектах, необходимо опытным путём определить корреляцию между стационарной установкой и портативным прибором измерения твёрдости, используемым при полевом диагностировании.

5.4 Подготовка и проведение испытаний

5.4.1 При измерении твёрдости стандартизованными методами должны быть соблюдены требования соответствующих стандартов для этих методов.

5.4.2 Выбор нагрузки и диаметра шарика индентора для каждой марки стали определяется уровнем твёрдости материала и осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Выбор нагрузки и диаметра шарика индентора

Марка стали	Пластическая твёрдость, *НД*			Твёрдость по Бринеллю, *НВ*	
	Д, мм	P_1, мм	P_2, мм	*Д*, мм	*Р*, кгс
14Х17Н2	10	1500	3000	10	3000
25Л 12Х18Н9ТЛ 08Х18Н10Т ЭИ-432 ЭИ-943	10	500	1000	10	1000
Примечание – В таблице 2 приведены наиболее применяемые марки стали для трубопроводной арматуры. Информация по другим маркам стали приведена в [1].					

5.4.3 Нагрузка должна прилагаться по оси вдавливаемого наконечника перпендикулярно к испытуемой поверхности.

5.4.5 Продолжительность приложения нагрузки и время выдержки ее должны соответствовать стандартам, регламентирующим используемый метод испытания.

5.4.4 Пластическая твёрдость определяется путем последовательного вдавливания шарового индентора нагрузками P_1 и P_2 ($P_2 > P_1$) с измерением остаточных глубин отпечатков h_1 и h_2.

Значение числа твёрдости рассчитывается по формуле (1):

$$НД = \frac{P_2 - P_1}{Д(h_2 - h_1)} \quad (1)$$

5.4.5 Вычисление твёрдости производится по серии испытаний. Для каждого испытания производится расчет значения твёрдости в соответствии с руководством по эксплуатации или паспортом к прибору.

5.4.6 Значение *НВ* и *НД* могут определяться в процессе одного измерения. Для этого после измерения величин h_1 и h_2 измеряется диаметр полученного отпечатка и по нему определяется величина *НВ*.

5.4.7 Значения твёрдости по Бринеллю и пластической твёрдости рассчитывается как среднее арифметическое значение результатов не менее трех измерений.

5.4.8 Минимально и максимально допустимые значения твёрдости, рассчитанные для каждой марки стали по допустимым значениям механических характеристик в соответствии с полученными уравнениями регрессии должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Допустимые значения твёрдости по Бринеллю и пластической твёрдости для различных марок стали

Марка стали		Твёрдость по Бринеллю, *НВ*, не менее	Пластическая твёрдость, *НД*, не более
25Л		120	210
12Х18Н9ТЛ		100	190
14Х17Н2	(22,5-31) *HRC*	220	250
	(30-37) *HRC*	250	350
	(37-42,5) *HRC*	300	450
08Х18Н10Т		100	170
ЭИ432		130	180
ЭИ943		120	140

5.4.9 При получении значений твёрдости *НВ* и *НД* меньше или больше допустимых значений, указанных в таблице 3, следует проводить испытание данного материала на растяжение по ГОСТ 1497.

5.4.10 Сопоставление значений твёрдости, определяемых методами HB, HV и HR (по стандартным шкалам A, B и C) приведены в приложении Б (по данным [3]).

6 Определение характеристик механических свойств

6.1 Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{НВ}$ определяются по результатам измерения твёрдости *НВ* в соответствии с таблицами приложения В:

- для стали 25Л – таблица В.1;
- для стали 12Х18Н9ТЛ – таблица В.3;
- для стали 14Х17Н2 – таблица В.5;
- для стали 08Х18Н10Т – таблица В.8;
- для стали ЭИ-432 – таблица В.10;
- для стали ЭИ-943 – таблица В.12.

Расчётные значения предела текучести $\sigma_{0.2}^{НД}$, относительного удлинения $\delta^{НД}$, относительно сужения $\psi^{НД}$ определяются по результатам измерения пластической твёрдости *НД* в соответствии с таблицами:

- для стали 25Л – таблица В.2 ($\delta^{НД}$);
- для стали 12Х18Н9ТЛ – таблица В.4 ($\delta^{НД}$);
- для стали 14Х17Н2 – таблица В.6 ($\sigma_{0.2}^{НД}$), таблица В.7 ($\delta^{НД}$, $\psi^{НД}$);
- для стали 08Х18Н10Т – таблица В.9 ($\sigma_{0.2}^{НД}$, $\delta^{НД}$, $\psi^{НД}$);
- для стали ЭИ-432 – таблица В.11 ($\delta^{НД}$, $\psi^{НД}$);

- для стали ЭИ-943 – таблица В.13 ($\delta^{НД}$, $\psi^{НД}$).

6.2 Периодически, от каждой 50-й партии (плавки) для всех марок стали следует проводить испытания на твёрдость и растяжение. При этом механические свойства, рассчитанные по твёрдости, сравниваются со значениями, полученными при испытаниях на растяжение. Расхождение между расчётными значениями механических свойств и характеристиками растяжения должно составлять не более:

- по временному сопротивлению ±5 %;
- по пределу текучести ±7 %;
- по относительному удлинению ±10 %;
- по относительному сужению ±12 %.

Если значение расхождений выше указанных, то определение механических свойств производят по ГОСТ 1497.

6.3 Периодически, не реже одного раза в 2 года, а также при неоднократных случаях несоответствия фактических и расчётных значений механических свойств необходимо проводить серию парных испытаний с последующей статистической обработкой полученных данных для корректировки коэффициентов полинома.

6.4 Объём выборки для статистической обработки должен составлять не менее 30 испытаний для каждой марки стали.

6.5 Рекомендуемые расчетно-экспериментальные методики определения механических характеристик, которые реализуют алгоритм перестроения диаграммы вдавливания шарового индентора в диаграмму одноосного растяжения на участке упрочнения приведены в [1].

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Приборы для измерения твёрдости

Таблица Б.1 – Приборы для измерения твёрдости

Наименование метода измерения	Документ, регламентирующий метод измерения	Наименование прибора
Приборы для измерения твёрдости статическим методом		
Измерение твёрдости вдавливанием стального шарика по Бринеллю	ГОСТ 9012	ТШ-2М, ТШ-6, ТШП-4, ИТ 5010, ТБ 5004, ТБ 5004-03, ТБ 5013, ТБ 5056, ТБ 5056-02 (ОАО "Точприбор", г.Иваново); ТЕСТ-5У; ТН600, НВ3000В (Фирма "Time Group Inc.", Китай); ТЭМП-2, ТЭМП-3, ТЭМП-4 (ООО НПП "Технотест", г.Москва); ZHB 3000 (Фирма "Indentec hardness testing machines limited", Великобритания); 3000BLD (Фирма "Wolpert", Нидерланды); BRIN200 A (Фирма "Indentec", Великобритания)
Измерение твёрдости по Бринеллю переносными приборами	ГОСТ 22761	ТБП 5013 (ОАО "Точприбор", г.Иваново); МЭИ-Т5, МЭИ-Т7, МЕТ-НВ (ООО "Центр физико-механических измерений "МЕТ", г.Москва); МЕТ-УД2 (ФГУП "ВНИИФТРИ", Россия)
Измерение твёрдости по Роквеллу	ГОСТ 9013	ТКС-1, ТКС-1М; ТК-2М, ТКП,ТК-14-250, ТР 5006, ТР 5006М, ТР 5006-02, ТР 5014, ТР 5014-01, ТР 5014-01М, ТР 5043, ТР 5043-01 (ОАО "Точприбор", г.Иваново); ТР-150Р, ТР-150М, ТР-150П (ООО "Импульс", г.Иваново); ТРП-5011; МЕТ-HRC (ООО "Центр физико-механических измерений "МЕТ", г.Москва); 2163ТР с автоматизированной обработкой результатов испытаний (ОАО "Точприбор", г.Иваново); DuraJet (Фирма "EMCO-TEST PrufmaSchinen GmbH", Австрия); ERGOTEST DIGI 25 RS (Фирма "LTF S.p.A.", Италия); MacroMet 5100, мод. MacroMet 5100R, MacroMet 5101R, MacroMet 5100T, MacroMet 5101T, MacroMet 5121 (Фирма "Buehler", США); LR-100R (Фирма "Leco Corporation", США); ТН500, ТН550, ТН300, ТН301, HR-150A (Фирма "Time Group Inc.", Китай).
Измерение твёрдости по Виккерсу	ГОСТ 2999	ТП-7Р, ТВП 5012, ИТ 5010, ТПП-2 (ОАО "Точприбор", г.Иваново); МЕТ-HV (ООО "Центр физико-механических измерений "МЕТ", г.Москва); Tukon2100B (Фирма "Instron", США); DuraScan 10 (20, 50, 70, 80) (Фирма "EMCO-TEST PrufmaSchinen GmbH", Австрия); ZHV 10 (Фирма "Zwick GmbH & Co. KG", Германия); SemiMacroVickers 5112, MacroVickers 5114 (Фирма "Buehler", США); ZHV 30 (Фирма "Indentec hardness testing machines limited", Великобритания)
Приборы для измерения твёрдости динамическим методом		
Измерение твёрдости методом ударного вдавливания	ГОСТ 18661	ИТ 5038 (ОАО "Точприбор", г.Иваново); ВПИ-2, ВПИ-3К (Волгоградский государственный технический университет); Константа ТД (ЗАО "Константа", г.С.-Петербург); ТДМ-3 (ООО "Научно-промышленная компания "ЛУЧ", г.Москва); PICCOLO, BAMBINO (Фирма "PROCEQ SA", Швейцария)
Метод упругой отдачи (по Шору)	ГОСТ 23273	ИТ 5078 (ОАО "Точприбор", г.Иваново)
Другие приборы		
Приборы для измерений механических характеристик материалов по диаграмме вдавливания		ПИМ-ДВ-1 (ООО "НПП "РобоТест", г.Москва)
Приборы переносные для определения механических свойств металла по твёрдости		МЭИ Т7 (ПО "Азотреммаш", г.Тольятти)
Приборы для контроля твердости изделий из углеродистых сталей		МФ-10К (Опытный завод "Контрольприбор", г.Москва)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Перевод значений твёрдости, определяемых методами HB, HV и HR (стандартные шкалы A, B и C)

Таблица В.1 – Ориентировочный перевод значений твёрдости, определяемых различными методами

HV	HB			HR по шкале			HV	HB			HR по шкале		
	диаметр отпечатка, мм	при испытании стандартным стальным шариком	при испытании шариком из карбида вольфрама	C	A	B		диаметр отпечатка, мм	при испытании стандартным стальным шариком	при испытании шариком из карбида вольфрама	C	A	B
1234	2,20	780	872	72	84	--	228	4,00	229	--	20	61	100
1116	2,25	745	840	70	83	--	222	4,05	223	--	19	60	99
1022	2,30	712	812	68	82	--	217	4,10	217	--	17	60	98
941	2,35	682	794	66	81	--	213	4,15	212	--	15	59	97
868	2,40	673	760	64	80	--	208	4,20	207	--	14	59	95
804	2,45	627	724	62	79	--	201	4,25	201	--	13	58	94
746	2,50	601	682	60	78	--	197	4,30	197	--	12	58	93
694	2,55	578	646	58	78	--	192	4,35	192	--	11	57	92
650	2,60	555	614	56	77	--	186	4,40	187	--	9	57	92
606	2,65	534	578	54	76	--	183	4,45	183	--	8	56	90
587	2,70	514	555	52	75	--	178	4,50	179	--	7	56	90
551	2,75	495	525	50	74	--	174	4,55	174	--	6	55	89
534	2,80	477	514	49	74	--	171	4,60	170	--	4	55	88
502	2,85	461	477	48	73	--	166	4,65	167	--	3	54	87
474	2,90	444	460	46	73	--	162	4,70	163	--	2	53	86
460	2,95	429	432	45	72	--	159	4,75	159	--	1	53	85
435	3,00	415	418	43	72	--	155	4,80	156	--	--	--	84
423	3,05	401	401	42	71	--	152	4,85	152	--	--	--	83
401	3,10	388	388	41	71	--	149	4,90	149	--	--	--	82
390	3,15	375	375	40	70	--	148	4,95	146	--	--	--	81
386	3,20	363	364	39	70	--	143	5,00	143	--	--	--	80
361	3,25	352	352	38	69	--	140	5,05	140	--	--	--	79
344	3,30	341	341	36	68	--	138	5,10	137	--	--	--	78
334	3,35	331	330	35	67	--	134	5,15	134	--	--	--	77
320	3,40	321	321	33	67	--	131	5,20	131	--	--	--	76
311	3,45	311	311	32	66	--	129	5,25	128	--	--	--	75
303	3,50	302	302	31	66	--	127	5,30	126	--	--	--	74
292	3,55	293	--	30	65	--	123	5,35	123	--	--	--	73
285	3,60	285	--	29	65	--	121	5,40	121	--	--	--	72
278	3,65	277	--	28	64	--	118	5,45	118	--	--	--	71
270	3,70	269	--	27	64	--	116	5,50	116	--	--	--	70
261	3,75	262	--	26	63	--	115	5,55	114	--	--	--	68
255	3,80	255	--	25	63	--	113	5,60	111	--	--	--	67
249	3,85	248	--	24	62	--	110	5,65	110	--	--	--	66
240	3,90	241	--	23	62	102	109	5,70	109	--	--	--	65
235	3,95	235	--	21	61	101	108	5,75	107	--	--	--	64

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Таблицы расчётных значений механических характеристик по результатам измерений твёрдости

Таблица В.1 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали 25Л

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
105	449	45,8	133	542	55,2	161	634	64,6
106	452	46,1	134	545	55,5	162	637	64,9
107	455	46,4	135	549	56,0	163	640	65,2
108	459	46,8	136	552	56,3	164	643	65,5
109	462	47,1	137	555	56,6	165	647	65,9
110	465	47,4	138	559	57,0	166	650	66,2
111	468	47,7	139	562	57,3	167	653	66,6
112	472	48,1	140	565	57,6	168	656	66,9
113	475	48,5	141	569	58,0	169	659	67,2
114	478	48,8	142	572	58,3	170	662	67,5
115	482	49,2	143	575	58,6	171	665	67,8
116	485	49,5	144	579	59,0	172	669	68,2
117	488	49,8	145	582	59,3	173	672	68,4
118	491	50,1	146	585	59,6	174	675	68,8
119	495	50,5	147	589	60,0	175	678	69,1
120	496	50,6	148	592	60,3	176	681	69,4
121	500	51,0	149	595	60,6	177	684	69,7
122	503	51,4	150	599	61,1	178	687	70,0
123	507	51,7	151	602	61,4	179	690	70,3
124	511	52,1	152	605	61,7	180	694	70,7
125	514	52,4	153	608	62,0	181	697	71,0
126	518	52,8	154	612	62,3	182	700	71,3
127	521	53,1	155	615	62,7	183	703	71,7
128	525	53,5	156	618	63,0	184	706	72,0
129	528	53,8	157	621	63,3	185	709	72,3
130	531	54,1	158	624	63,6	186	712	72,6
131	535	54,5	159	628	64,0	187	715	72,9
132	538	54,8	160	631	64,3			

Таблица В.2 – Расчётные значения относительного удлинения $\delta^{НД}$ стали 25Л

НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %
105	40,7	139	31,2	173	24,6
106	40,4	140	31,0	174	24,4
107	40,1	141	30,7	175	24,3
108	39,8	142	30,5	176	24,1
109	39,6	143	30,3	177	24,0
110	39,3	144	30,1	178	23,8
111	39,0	145	29,8	179	23,7
112	38,7	146	29,6	180	23,6
113	38,4	147	29,4	181	23,4
114	38,1	148	29,2	182	23,3
115	37,7	149	28,9	183	23,2
116	37,4	150	28,7	184	23,1
117	37,1	151	28,5	185	22,9
118	36,8	152	28,3	186	22,8
119	36,6	153	28,1	187	22,7
120	36,3	154	27,9	188	22,6
121	36,0	155	27,7	189	22,5
122	35,7	156	27,5	190	22,4
123	35,4	157	27,3	191	22,3
124	35,1	158	27,1	192	22,2
125	34,8	159	26,9	193	22,1
126	34,6	160	26,7	194	22,0
127	34,3	161	26,5	195	21,9
128	34,0	162	26,4	196	21,8
129	33,7	163	26,2	197	21,7
130	33,5	164	26,0	198	21,6
131	33,2	165	25,9	199	21,5
132	33,0	166	25,7	200	21,4
133	32,7	167	25,5	201	21,3
134	32,4	168	25,3	202	21,3
135	32,2	169	25,2	203	21,2
136	32,0	170	25,0	204	21,1
137	31,7	171	24,9	205	21,1
138	31,5	172	24,7		

Таблица В.3 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали 12Х18Н9ТЛ

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
100	518	52,8	125	528	53,8	150	566	57,7
101	518	52,7	126	529	53,9	151	568	57,8
102	518	52,7	127	530	54,0	152	569	58,1
103	517	52,7	128	531	54,1	153	571	58,3
104	517	52,7	129	532	54,3	154	573	58,5
105	517	52,7	130	534	54,4	155	575	58,7
106	517	52,7	131	535	54,5	156	577	58,9
107	517	52,7	132	536	54,7	157	579	59,1
108	517	52,7	133	538	54,8	158	581	59,3
109	518	52,8	134	539	54,9	159	584	59,5
110	518	52,8	135	540	55,1	160	586	59,7
111	518	52,8	136	542	55,2	161	588	59,9
112	518	52,8	137	543	55,2	162	590	60,1
113	519	52,9	138	545	55,4	163	592	60,3
114	519	52,9	139	546	55,7	164	594	60,6
115	520	53,0	140	548	55,9	165	596	60,8
116	520	53,0	141	550	56,0	166	598	61,0
117	521	53,1	142	551	56,2	167	600	61,2
118	522	53,1	143	553	56,4	168	603	61,4
119	522	53,3	144	555	56,5	169	605	61,7
120	523	53,3	145	556	56,7	170	607	61,9
121	524	53,4	146	558	56,9	171	609	62,1
122	525	53,5	147	560	57,1	172	611	62,3
123	526	53,6	148	562	57,3	173	614	62,5
124	527	53,7	149	564	57,5			

Таблица В.4 – Расчётные значения относительного удлинения $\delta^{НД}$ стали 12Х18Н9ТЛ

НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %
110	62,8	144	49,3
111	62,4	145	48,9
112	62,0	146	48,5
113	61,6	147	48,1
114	61,2	148	47,7
115	60,8	149	47,3
116	60,5	150	46,9
117	60,1	151	46,5
118	59,7	152	46,1
119	59,3	153	45,7
120	58,8	154	45,3
121	58,5	155	44,9
122	58,1	156	44,5
123	57,7	157	44,1
124	57,3	158	43,7
125	56,9	159	43,3
126	56,5	160	42,8
127	56,1	161	42,4
128	55,7	162	42,0
129	55,3	163	41,6
130	54,9	164	41,2
131	54,5	165	40,8
132	54,1	166	40,4
133	53,7	167	40,0
134	53,3	168	39,6
135	52,9	169	39,2
136	52,5	170	38,8
137	52,1	171	38,4
138	51,7	172	38,0
139	51,3	173	37,6
140	50,9	174	37,1
141	50,5	175	36,7
142	50,1	176	36,3
143	49,7	177	35,9

Таблица В.5 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали 14Х17Н2

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
190	743	75,6	264	899	91,6	338	1097	111,9
192	746	76,0	266	904	92,1	340	1103	112,5
194	749	76,4	268	909	92,6	342	1109	113,1
196	753	76,8	270	917	93,1	344	1115	113,7
198	757	77,2	272	919	93,6	346	1121	114,3
200	761	77,6	274	923	94,1	348	1127	114,9
202	765	78,0	276	928	94,6	350	1133	115,5
204	769	78,4	278	933	95,1	352	1139	116,2
206	773	78,7	280	938	95,7	354	1146	116,8
208	777	79,2	282	944	96,2	356	1152	117,4
210	780	79,6	284	949	96,7	358	1158	118,0
212	785	80,0	286	954	97,2	360	1164	118,7
214	789	80,4	288	960	97,7	362	1170	119,3
216	793	80,8	290	964	98,3	364	1177	120,0
218	797	81,2	292	969	98,8	366	1186	120,9
220	801	81,6	294	975	99,3	368	1190	121,3
222	805	82,0	296	980	99,9	370	1196	121,9
224	809	82,5	298	985	100,4	372	1202	122,6
226	813	82,9	300	990	100,9	374	1209	123,2
228	816	83,3	302	996	101,5	376	1215	123,9
230	822	83,8	304	1001	102,0	378	1221	124,5
232	826	84,2	306	1007	102,6	380	1228	125,2
234	830	84,6	308	1012	103,2	382	1235	125,9
236	835	85,1	310	1017	103,7	384	1242	126,6
238	839	85,5	312	1023	104,3	386	1248	127,2
240	844	86,0	314	1029	104,8	388	1255	127,9
242	848	86,4	316	1034	105,4	390	1261	128,6
244	853	86,9	318	1040	106,0	392	1273	129,3
246	857	87,4	320	1045	106,5	394	1275	130,0
248	862	87,8	322	1051	107,1	396	1282	130,7
250	866	88,3	324	1057	107,7	398	1286	131,3
252	871	88,8	326	1062	108,3	400	1295	132,0
254	875	89,2	328	1068	108,9	402	1302	132,7
256	880	89,7	330	1074	109,5	404	1309	133,4
258	885	90,2	332	1079	110,1	406	1316	134,2
260	890	90,7	334	1086	110,7	408	1323	134,9
262	894	91,2	336	1091	111,3	410	1330	135,6

Таблица В.6 – Расчётные значения предела текучести $\sigma_{0.2}^{НД}$ стали 14Х17Н2

НД, кгс/мм^2	$\sigma_{0.2}^{НД}$		НД, кгс/мм^2	$\sigma_{0.2}^{НД}$		НД, кгс/мм^2	$\sigma_{0.2}^{НД}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
190	510	52,0	286	737	75,1	382	912	93,0
192	516	52,5	288	741	75,5	384	915	93,3
194	521	53,1	290	746	76,0	386	919	93,6
196	526	53,6	292	750	76,4	388	925	94,2
198	531	54,1	294	753	76,8	390	928	94,6
200	537	54,7	296	757	77,2	392	931	94,9
202	542	55,2	298	761	77,6	394	934	95,2
204	546	55,7	300	765	78,0	396	937	95,5
206	551	56,2	302	770	78,4	398	940	95,8
208	556	56,7	304	774	78,9	400	942	96,1
210	562	57,3	306	778	79,3	402	945	96,4
212	567	57,8	308	782	79,7	404	948	96,6
214	572	58,3	310	786	80,1	406	951	96,9
216	577	58,8	312	790	80,5	408	954	97,2
218	582	59,3	314	794	80,9	410	956	97,5
220	587	59,8	316	798	81,2	412	959	97,8
222	592	60,3	318	802	81,6	414	962	98,1
224	596	60,8	320	804	82,0	416	965	98,4
226	601	61,3	322	808	82,4	418	968	98,6
228	606	61,8	324	812	82,8	420	970	98,9
230	611	62,3	326	816	83,2	422	973	99,2
232	616	62,8	328	820	83,6	424	976	99,4
234	621	63,2	330	824	83,9	426	978	99,7
236	625	63,7	332	827	84,3	428	981	100,0
238	630	64,2	334	831	84,7	430	983	100,2
240	635	64,7	336	835	85,1	432	986	100,5
242	640	65,2	338	838	85,4	434	989	100,8
244	645	65,6	340	842	85,8	436	991	101,0
246	648	66,1	342	845	86,2	438	994	101,3
248	653	66,6	344	849	86,5	440	996	101,5
250	657	67,1	346	852	86,9	442	998	101,8
252	662	67,5	348	856	87,2	444	1001	102,0
254	667	68,0	350	859	87,6	446	1003	102,3
256	672	68,4	352	863	88,0	448	1006	102,5
258	676	68,9	354	866	88,3	450	1008	102,8
260	681	69,4	356	870	88,7	452	1010	103,0
262	685	69,8	358	873	89,0	454	1013	103,2
264	690	70,3	360	877	89,3	456	1015	103,5
266	694	70,7	362	880	89,7	458	1017	103,7
268	698	71,2	364	883	90,0	460	1020	103,9
270	702	71,6	366	887	90,4	462	1022	104,1
272	706	72,1	368	890	90,7	464	1026	104,6
274	711	72,5	370	893	91,0	466	1028	104,8
276	715	72,9	372	896	91,4	468	1030	105,0
278	720	73,4	374	900	91,7	470	1033	105,2
280	724	73,8	376	903	92,0	472	1035	
282	729	74,2	378	906	92,3			
284	733	74,7	380	909	92,7			

Т а б л и ц а В.7 – Расчётные значения относительного удлинения $\delta^{НД}$ и относительного сужения $\psi^{НД}$ стали 14Х17Н2

НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %
180	28,4	59,5	340	16,4	57,7
185	27,8	59,6	345	16,2	57,6
190	27,2	59,6	350	16,1	57,4
195	26,7	59,6	355	15,9	57,2
200	26,2	59,7	360	15,8	57,0
205	25,6	59,7	365	15,7	56,9
210	25,1	59,7	370	15,6	56,7
215	24,6	59,7	375	15,5	56,5
220	24,1	59,7	380	15,4	56,3
225	23,7	59,7	385	15,4	56,0
230	23,2	59,7	390	15,3	55,8
235	22,8	59,7	395	15,3	55,6
240	22,3	59,6	400	15,3	55,4
245	21,9	59,6	405	15,2	55,1
250	21,5	59,5	410	15,2	54,9
255	21,1	59,5	415	15,2	54,6
260	20,7	59,4	420	15,2	54,4
265	20,3	59,4	425	15,2	54,1
270	20,0	59,3	430	15,2	53,8
275	19,6	59,3	435	15,2	53,5
280	19,3	59,2	440	15,1	53,3
285	19,0	59,1	445	15,1	53,0
290	18,7	59,0	450	15,1	52,7
295	18,4	58,9	455	15,1	52,4
300	18,1	58,8	460	15,1	52,0
305	17,9	58,7	465	15,1	51,7
310	17,6	58,6	470	15,1	51,4
315	17,4	58,5	475	15,1	51,1
320	17,1	58,3	480	15,0	50,7
325	16,9	58,2	485	15,0	50,4
330	16,7	58,0	490	15,0	50,0
335	16,5	57,9			

Таблица В.8 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали 08Х18Н10Т

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
100	513	52,3	134	641	65,4
101	518	52,8	135	643	65,6
102	523	53,3	136	646	65,9
103	528	53,8	137	649	66,2
104	532	54,2	138	651	66,4
105	537	54,7	139	654	66,7
106	540	55,1	140	656	66,9
107	545	55,6	141	659	67,2
108	549	56,0	142	661	67,4
109	553	56,4	143	663	67,6
110	558	56,9	144	666	67,9
111	562	57,3	145	668	68,1
112	566	57,7	146	670	68,3
113	570	58,1	147	672	68,5
114	574	58,5	148	674	68,7
115	578	58,9	149	676	68,9
116	582	59,3	150	678	69,1
117	586	59,7	151	680	69,3
118	589	60,1	152	681	69,4
119	593	60,5	153	683	69,6
120	596	60,8	154	685	69,8
121	600	61,2	155	686	69,9
122	603	61,5	156	688	70,1
123	607	61,9	157	689	70,3
124	610	62,2	158	691	70,4
125	614	62,6	159	692	70,5
126	617	62,9	160	693	70,6
127	620	63,2	161	694	70,8
128	624	63,6	162	695	70,9
129	627	63,9	163	696	71,0
130	630	64,2	164	697	71,1
131	633	64,5	165	698	71,2
132	636	64,8	166	699	71,3
133	639	65,1	167	700	71,4

Т а б л и ц а В.9 – Расчётные значения предела текучести $\sigma_{0.2}^{НД}$, относительного удлинения $\delta^{НД}$, относительного сужения $\psi^{НД}$ стали 08Х18Н10Т

НД, кгс/мм^2	$\sigma_{0.2}^{НД}$		$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\sigma_{0.2}^{НД}$		$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %
	МПа	кгс/мм^2				МПа	кгс/мм^2		
110	199	20,3	75,7	69,2	147	275	28,1	65,8	64,6
111	200	20,4	75,7	69,8	148	278	28,4	65,3	63,8
112	201	20,5	75,6	70,2	149	282	28,7	64,8	62,9
113	202	20,6	75,5	70,7	150	285	29,0	64,3	62,0
114	204	20,7	75,4	71,1	151	288	29,4	63,8	61,1
115	205	20,9	75,2	71,5	152	292	29,7	63,3	60,1
116	206	21,0	75,1	71,8	153	295	30,1	62,7	59,1
117	207	21,1	75,0	72,2	154	299	30,5	62,2	58,1
118	209	21,3	74,8	72,4	155	302	30,8	61,7	57,0
119	210	21,4	74,7	72,7	156	306	31,2	61,1	55,9
120	212	21,6	74,5	72,9	157	310	31,6	60,5	54,8
121	213	21,7	74,3	73,0	158	314	32,0	59,9	53,6
122	215	21,9	74,1	73,1	159	317	32,3	59,3	52,4
123	217	22,1	73,9	73,2	160	321	32,7	58,7	51,2
124	218	22,3	73,7	73,3	161	325	33,1	58,1	49,9
125	220	22,4	73,5	73,3	162	329	33,6	57,5	58,6
126	222	22,6	73,2	73,3	163	333	34,0	56,9	47,2
127	224	22,8	73,0	73,2	164	337	34,4	56,2	45,8
128	226	23,0	72,7	73,1	165	342	34,8	55,6	44,4
129	228	23,2	72,5	73,0	166	346	35,3	54,9	42,9
130	230	23,5	72,2	72,9	167	350	35,7	54,2	41,4
131	232	23,7	71,9	72,7	168	355	36,1	53,5	39,9
132	235	23,9	71,6	72,4	169	359	36,6	52,8	38,3
133	237	24,1	71,3	72,2	170	364	37,1	52,1	36,7
134	239	24,4	70,9	71,8	171	368	37,5	51,4	35,1
135	242	24,6	70,6	71,5	172	373	38,0	50,6	33,4
136	244	24,9	70,3	71,1	173	377	38,5	49,9	31,7
137	247	25,1	69,9	70,7	174	382	38,9	49,1	29,9
138	249	25,4	69,6	70,3	175	387	39,4	48,4	28,1
139	252	25,7	69,2	69,8	176	392	39,9	47,6	26,3
140	255	25,9	68,8	69,2	177	397	40,4	46,8	24,4
141	257	26,2	68,4	68,7	178	402	40,9	46,0	22,5
142	260	26,5	68,0	68,1	179	407	41,5	45,2	20,6
143	263	26,8	67,5	67,5	180	412	42,0	44,4	18,6
144	266	27,1	67,1	66,8	181	417	42,5	43,6	16,6
145	269	27,4	66,7	66,1	182	422	43,0	42,7	14,6
146	272	27,7	66,2	65,3	183	427	43,5	41,9	12,5

Таблица В.10 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали ЭИ-432

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
85	445	45,1	128	539	54,9
86	448	45,4	129	541	55,2
87	450	45,7	130	543	55,4
88	453	45,9	131	545	55,6
89	454	46,2	132	548	55,8
90	455	46,3	133	550	56,1
91	457	46,6	134	552	56,3
92	459	46,8	135	554	56,5
93	461	47,0	136	557	56,7
94	463	47,2	137	559	57,0
95	466	47,5	138	561	57,2
96	468	47,7	139	563	57,4
97	470	47,9	140	565	57,6
98	472	48,1	141	568	57,9
99	475	48,5	142	570	58,1
100	477	48,6	143	572	58,3
101	479	48,8	144	574	58,6
102	481	49,1	145	577	58,8
103	483	49,3	146	579	59,0
104	486	49,5	147	581	59,2
105	488	49,7	148	583	59,5
106	490	49,9	149	585	59,7
107	492	50,2	150	588	59,9
108	494	50,4	151	590	60,1
109	497	50,6	152	592	60,4
110	499	50,9	153	594	60,6
111	501	51,1	154	596	60,8
112	503	51,3	155	599	61,0
113	506	51,5	156	601	61,3
114	508	51,8	157	603	61,5
115	510	52,0	158	605	61,7
116	512	52,2	159	608	61,9
117	514	52,4	160	610	62,2
118	517	52,7	161	612	62,4
119	519	52,9	162	614	62,6
120	521	53,1	163	616	62,8
121	523	53,4	164	619	63,1
122	526	53,6	165	621	63,3
123	528	53,8	166	623	63,5
124	530	54,0	167	625	63,8
125	532	54,2	168	628	64,0
126	534	54,5	169	630	64,2
127	537	54,7			

Таблица В.11 – Расчётные значения относительного удлинения $\delta^{НД}$ и относительного сужения $\psi^{НД}$ стали ЭИ-432

НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %
104	67,8		148	47,0	47,5
105	67,4		149	46,5	47,1
106	66,9		150	46,0	46,8
107	66,5		151	45,5	46,4
108	66,0		152	45,0	46,0
109	65,5		153	44,5	45,7
110	65,1		154	44,0	46,3
111	64,6		155	43,5	44,9
112	64,1		156	43,0	44,5
113	63,7		157	42,5	44,1
114	63,2		158	42,0	43,7
115	62,8		159	41,4	43,3
116	62,3		160	40,9	42,9
117	61,8		161	40,4	42,5
118	61,4		162	39,9	42,1
119	60,9		163	39,4	41,7
120	60,3	54,3	164	38,9	41,2
121	59,3	54,1	165	38,4	40,8
122	59,4	54,0	166	37,9	40,4
123	59,0	53,9	167	37,4	39,9
124	58,5	53,7	168	36,9	39,5
125	58,1	53,6	169	36,4	39,1
126	57,6	53,4	170	35,9	38,6
127	57,2	53,2	171	35,4	38,2
128	56,7	53,0	172	34,9	37,8
129	56,3	52,8	173	34,4	37,3
130	55,8	52,6	174	33,9	36,9
131	55,4	52,4	175	33,4	36,4
132	54,9	52,2	176	32,9	36,0
133	54,4	51,9	177	32,5	35,5
134	53,9	51,7	178	32,0	35,1
135	53,5	51,4	179	31,5	34,6
136	53,0	51,2	180	31,0	34,2
137	52,5	50,9	181	30,6	33,7
138	52,0	50,6	182	30,1	33,3
139	51,5	50,4	183	29,6	32,8
140	51,0	50,1	184	29,2	32,4
141	50,5	49,8	185	28,7	31,9
142	50,0	49,5	186	28,3	31,4
143	49,6	49,1	187	27,8	31,0
144	49,1	48,8	188	27,4	30,5
145	48,6	48,5	189	26,9	30,1
146	48,0	48,2	190	26,5	29,7
147	47,5	47,8	191	26,0	29,2

Таблица В.12 – Расчётные значения временного сопротивления $\sigma_в^{HB}$ стали ЭИ-943

HB, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$		*HB*, кгс/мм^2	$\sigma_в^{HB}$	
	МПа	кгс/мм^2		МПа	кгс/мм^2
100	418	42,6	133	524	53,4
101	421	42,9	134	527	53,7
102	424	43,2	135	530	54,0
103	427	43,5	136	534	54,4
104	431	43,9	137	537	54,7
105	434	44,2	138	539	55,0
106	436	44,5	139	542	55,3
107	440	44,9	140	546	55,7
108	443	45,2	141	549	56,0
109	446	45,5	142	552	56,3
110	449	45,8	143	555	56,6
111	453	46,2	144	559	57,0
112	456	46,5	145	562	57,3
113	459	46,8	146	565	57,6
114	462	47,1	147	569	58,0
115	466	47,5	148	572	58,3
116	469	47,8	149	575	58,6
117	472	48,1	150	578	58,9
118	476	48,5	151	582	59,3
119	479	48,8	152	585	59,6
120	482	49,1	153	588	59,9
121	485	49,4	154	591	60,3
122	488	49,8	155	594	60,6
123	491	50,1	156	597	60,9
124	494	50,4	157	600	61,2
125	498	50,8	158	604	61,6
126	501	51,0	159	607	61,9
127	504	51,4	160	610	62,2
128	507	51,7	161	613	62,5
129	511	52,1	162	617	62,9
130	514	52,4	163	620	63,2
131	517	52,7	164	623	63,5
132	520	53,0	165	627	63,9

Таблица В.13 – Расчётные значения относительного удлинения $\delta^{НД}$ и относительного сужения $\psi^{НД}$ стали ЭИ-943

НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %	НД, кгс/мм^2	$\delta^{НД}$, %	$\psi^{НД}$, %
101	52,2	70,9	136	32,5	33,1
102	51,6	69,3	137	32,1	32,6
103	50,9	67,7	138	31,7	32,1
104	50,2	66,2	139	31,2	31,7
105	49,6	64,7	140	30,8	31,3
106	48,9	63,2	141	30,4	30,9
107	48,3	61,7	142	30,0	30,5
108	47,7	60,3	143	29,7	30,2
109	47,0	58,9	144	29,3	29,9
110	46,4	57,5	145	28,9	29,7
111	45,8	56,2	146	28,6	29,4
112	45,2	54,9	147	28,2	29,2
113	44,6	53,6	148	27,9	29,1
114	44,0	52,4	149	27,5	29,0
115	43,4	51,2	150	27,2	28,9
116	42,8	50,0	151	26,9	28,8
117	42,2	48,9	152	26,6	28,8
118	41,6	47,7	153	26,3	28,7
119	41,1	46,7	154	26,0	28,8
120	40,5	45,6	155	25,8	28,7
121	39,9	44,6	156	25,5	28,6
122	39,4	43,6	157	25,2	28,6
123	38,9	42,7	158	25,0	28,6
124	38,3	41,7	159	24,7	28,5
125	37,8	40,8	160	24,5	28,5
126	37,3	40,0	161	24,3	
127	36,8	39,2	162	24,1	
128	36,3	38,4	163	23,9	
129	35,8	37,6	164	23,7	
130	35,3	36,9	165	23,5	
131	34,8	36,2	166	23,4	
132	34,3	35,5	167	23,2	
133	33,9	34,9	168	23,1	
134	33,4	34,2	169	22,9	
135	33,0	33,7	170	22,8	

Библиография

[1] РД ЭО 0027-2005 Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.

[2] Определение фактических свойств металла трубопроводов на основе измерения твердости: Учебное пособие – М.: РГУ нефти и газа, 2007

[3] Металловедение и термическая обработка стали: Справ.изд. – 3-е изд., перераб. и доп. В 3-х т. Т.I. Методы испытаний и исследования/Под ред. Бернштейна М.Л., Рахштадт А.Г. М.: Металлургия, 1983. 352 с.

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА» В.П. Дыдычкин

Заместитель генерального директора –
директор по научной работе Ю.И. Тарасьев

Заместитель генерального директора –
главный конструктор В.В. Ширяев

Заместитель директора –
начальник технического отдела С.Н.Дунаевский

Начальник отдела 115 Е.С.Семёнова

Исполнитель:

Инженер отдела 121 А.А. Потапова

СОГЛАСОВАНО

Председатель ТК 259 М.И. Власов

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп.	Дата
	изменённых	заменённых	новых	аннулированных					

gost.e-ecolog.ru