МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СТАЛЬ

Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом

Издание официальное

БЗ 8—2004

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
Минск

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 145 «Методы контроля металлопродукции»

ВНЕСЕН Госстандартом России

2 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 10 от 4 октября 1996 г.)

За принятие проголосовали:

Наименование государства	Наименование национального органа по стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Белоруссия	Госстандарт Белоруссии
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикский государственный центр по стандартизации, метрологии и сертификации
Туркменистан	Туркменглавгосинспекция
Украина	Госстандарт Украины

Изменение № 1 принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 24 от 5 декабря 2003 г.)

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AM, BY, KZ, MD, RU, TJ, TM, UZ, UA [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004—97]

3 Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 27 февраля 1997 г. № 71 межгосударственный стандарт ГОСТ 30415—96 введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 января 1998 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ИЗДАНИЕ (февраль 2005 г.) с Изменением № 1, принятым в марте 2004 г. (ИУС 6—2004)

© ИПК Издательство стандартов, 1997
© ИПК Издательство стандартов, 2005

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Госстандарта России

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Общие требования 2
4 Средства контроля 3
5 Порядок подготовки к проведению контроля 3
6 Порядок проведения контроля 3
7 Обработка результатов 4
Приложение А Состав характеристик, подлежащих обязательному определению при неразрушающем магнитном методе контроля механических свойств 5
Приложение Б Описание технологии автоматизированного построения математических моделей с использованием ЭВМ 6
Приложение В Методика восстановления регрессионных зависимостей по эмпирическим данным 8

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СТАЛЬ

Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом

Steel. Nondestructive testing of mechanical properties and microstructure of steel products by magnetic method

Дата введения 1998—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на сортовой, листовой, полосовой, фасонный прокат, листы с немагнитными покрытиями, трубы, многослойные листы и ленты из углеродистых, легированных и электротехнических марок стали, изделия из вышеперечисленной металлопродукции и устанавливает неразрушающий магнитный метод контроля механических и технологических свойств, микроструктуры и ресурсных характеристик.

Стандарт может быть распространен на другие виды металлопродукции по согласованию изготовителя с потребителем.

Неразрушающий магнитный метод контроля применяется наряду с методами испытаний, установленными в стандартах по определению:

предела текучести физического, условного, временного сопротивления, относительного удлинения после разрыва, относительного сужения поперечного сечения после разрыва по ГОСТ 1497 и ГОСТ 10006;

относительного равномерного удлинения по ГОСТ 1497;

коэффициента пластической анизотропии, показателей деформационного упрочнения и неравномерной пластической деформации по ГОСТ 11701;

истинного сопротивления разрыву по ГОСТ 10006;

твердости по ГОСТ 2999, ГОСТ 9012, ГОСТ 9013, ГОСТ 22975, ГОСТ 23273;

величины зерна по ГОСТ 5639;

полосчатости и структурно-свободного цементита по ГОСТ 5640;

чувствительности стали к механическому старению по ГОСТ 7268;

ударного изгиба по ГОСТ 9454;

доли вязкой составляющей в изломе по ГОСТ 10006;

глубины лунки по ГОСТ 10510;

числа перегибов по ГОСТ 13813;

сплющивания по ГОСТ 8695;

угла изгиба или оценки предельной пластичности при изгибе по ГОСТ 14019;

глубины обезуглероженного слоя по ГОСТ 1763;

относительной деформации при осадке по ГОСТ 8817;

загиба по ГОСТ 3728.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 27.202—83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготовляемой продукции

ГОСТ 1497—84 (ИСО 6892—84) Металлы. Методы испытания на растяжение

Издание официальное

ГОСТ 1763—68 (ИСО 3887—77) Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя

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

ГОСТ 3728—78 Трубы. Метод испытания на изгиб

ГОСТ 5639—82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна

ГОСТ 5640—68 Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты

ГОСТ 7268—82 Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб

ГОСТ 7564—97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний

ГОСТ 8695—75 Трубы. Метод испытания на сплющивание

ГОСТ 8817—82 Металлы. Метод испытания на осадку

ГОСТ 9012—59 (ИСО 410—82, ИСО 6506—81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю

ГОСТ 9013—59 (ИСО 6508—86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу

ГОСТ 9454—78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах

ГОСТ 10006—80 (ИСО 6892—84) Трубы металлические. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 10510—80 (ИСО 8490—86) Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену

ГОСТ 11701—84 Металлы. Методы испытания на растяжение тонких листов и лент

ГОСТ 13813—68 (ИСО 7799—85) Металлы. Метод испытания на перегиб листов и лент толщиной менее 4 мм

ГОСТ 14019—80 (ИСО 7438—85) Металлы. Методы испытания на изгиб

ГОСТ 15467—79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 15895—77* Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 18321—73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции

ГОСТ 20736—75** Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Планы контроля

ГОСТ 22975—78 Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу при малых нагрузках (по Супер-Роквеллу)

ГОСТ 23273—78 Металлы и сплавы. Измерение твердости методом упругого отскока бойка (по Шору)

ГОСТ 27772—88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия Разделы 1, 2 **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

3 Общие требования

3.1 Неразрушающий магнитный метод контроля применяется при наличии устойчивых парных или множественных вероятностных соотношений между контролируемыми показателями качества и магнитными характеристиками стали.

Все вероятностные оценки, используемые в настоящем стандарте, применяются при доверительной вероятности не ниже 0,95.

При сплошном или поштучном неразрушающем магнитном методе контроля принятая вероятность обеспечения норм стандартов должна обеспечиваться в каждой партии.

3.2 Корреляционная связь между магнитными характеристиками и показателями качества определяется на каждом предприятии на основании информационного массива для каждой марки или групп марок сталей, отличающихся, в основном, содержанием углерода.

Допускается группировка различных марок стали и однотипных профилей проката, если рассчитанное по объединенной выборке уравнение регрессии имеет значимый коэффициент корреляции.

При необходимости контроль осуществляется с учетом других структурно-чувствительных

* На территории Российской Федерации действуют ГОСТ Р 50779.10—2000, ГОСТ Р 50779.11—2000.

** На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 50779.74—99.

характеристик, химического состава металла, технологических параметров и условий службы металлоизделий.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.3 Термины, основные понятия и обозначения — в соответствии с ГОСТ 27.002, ГОСТ 16504, ГОСТ 15895, ГОСТ 15467, ГОСТ 18321, ГОСТ 20736.

4 Средства контроля

4.1 Для неразрушающего контроля по настоящему стандарту применяют приборы, измеряющие одну или несколько структурно-чувствительных характеристик с основной погрешностью не более 5 % в рабочем диапазоне измерений.

4.2 На результаты измерений магнитных характеристик металла магнитным методом не должны влиять другие ферромагнитные тела и электромагнитные поля, характеристики которых не соответствуют требованиям и условиям эксплуатации приборов.

5 Порядок подготовки к проведению контроля

5.1 Отбор образцов для проведения испытаний — по ГОСТ 7564.

5.2 Количество образцов, подвергаемых неразрушающему контролю, должно быть оговорено в нормативных документах на металлопродукцию.

5.3 Количество измерений магнитного параметра и направление установки двухполюсных датчиков на испытуемых участках образцов должно быть оговорено в нормативных документах на проведение неразрушающего контроля.

5.3а Порядок определения предельного состояния изделия должен быть указан в нормативном документе на металлоизделие.

(Введен дополнительно, Изм. № 1).

5.4 При неразрушающем контроле показателей качества, оцениваемых по признаку «удовлетворительно-неудовлетворительно», устанавливается допустимый предел измеряемой магнитной характеристики, гарантирующий установленные нормы с принятой в стандарте вероятностью.

5.5 Допускается использовать уточненные показатели качества металлопродукции, исключающие погрешность разрушающих испытаний.

5.6 Нижняя граница доверительного интервала коэффициента корреляции по абсолютной величине должна быть выше его критического значения при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$.

6 Порядок проведения контроля

6.1 Обязательному определению подлежат статистические характеристики по каждому информационному массиву, состав которых приведен в приложении А.

6.2 Значения приемочных чисел вычисляют по формулам:

$C_{н_i} = X_{o_i} + t \cdot S_{ост_i}$ — для характеристик, нормированных снизу;

$C_{в_i} = X_i^o - t \cdot S_{ост_i}$ — для характеристик, нормированных сверху,

где X_{o_i} — норма i-го показатели качества, установленная соответствующим стандартом для характеристик, нормированных снизу;

X_i^o — норма i-го показателя качества, установленная соответствующим стандартом для характеристик, нормированных сверху;

$S_{ост_i}$ — остаточное среднее квадратическое отклонение i-го показателя качества, определяемое по формулам:

$$S_{ост_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{(X'_i - X_i)^2}{(N-1)}} \quad \text{или} \quad S_{ост_i} = S_i \sqrt{1 - R^2},$$

где X_i, X'_i — показатели качества, определяемые при неразрушающих и разрушающих испытаниях;

N — объем выборки;

S_i — среднее квадратическое отклонение i-го показателя качества;

R — коэффициент корреляции;

t — значение критерия Стьюдента для принятой доверительной вероятности.

Если значения результатов неразрушающего контроля выходят за пределы, ограниченные приемочными числами, партия подвергается испытаниям арбитражными методами.

6.3 Уровень показателя качества X_i в партии соответствует требованиям нормативных документов, если по каждой характеристике выполняются следующие условия:

$X_i \geq C_{н_i}$ — для характеристик, нормированных снизу;

$X_i \leq C_{в_i}$ — для характеристик, нормированных сверху;

$C_{н_i} \leq X_i \leq C_{в_i}$ — для характеристик, нормированных сверху и снизу.

Контролируемая металлопродукция, удовлетворяющая вышеуказанным условиям, испытаниям не подвергается, а в протоколе испытаний проставляются расчетные значения показателей качества.

6.4 Металлопродукция, не удовлетворяющая 6.3, испытывается по ГОСТ 1497, ГОСТ 1763, ГОСТ 2999, ГОСТ 3728, ГОСТ 5639, ГОСТ 5640, ГОСТ 7268, ГОСТ 8695, ГОСТ 8817, ГОСТ 9012, ГОСТ 9013, ГОСТ 9454, ГОСТ 10006, ГОСТ 10510, ГОСТ 13813, ГОСТ 14019, ГОСТ 22975, ГОСТ 23273.

6.5 Для оценки совпадаемости результатов определения показателей качества неразрушающим и разрушающим методами предприятие-изготовитель должно подвергать параллельным испытаниям указанными методами не менее 10 % контролируемых партий металла за период контроля проката.

6.5а. Готовые изделия из металлопродукции подвергаются неразрушающему контролю у изготовителя и у потребителя перед вводом в эксплуатацию, а в процессе эксплуатации контролируются с периодичностью, устанавливаемой нормативным документом на металлоизделие.

(Введен дополнительно, Изм. № 1).

6.6 Трубы и проволока, изготавливаемые из заготовок, поставляемых с оценкой показателей качества, подвергаются параллельным испытаниям указанными методами в объеме, необходимом для образования представительной выборки за период контроля.

7 Обработка результатов

7.1 Для обеспечения единства методики и получения сопоставимых результатов неразрушающего магнитного контроля механических свойств проката и труб рекомендуется придерживаться формализованной процедуры принятия решений при построении математических моделей показателей механических свойств. Описание технологии автоматизированного построения математических моделей приведено в приложении Б.

7.2 Допускается проведение расчетов парных и множественных корреляционных связей и построение уравнений регрессии методом восстановления корреляционных зависимостей по данным несогласованных измерений, то есть измерений, полученных на образцах, отдельно взятых, но принадлежащих данной совокупности, по методике, приведенной в приложении В.

7.3 Оценка совпадаемости результатов определения показателей качества неразрушающим и разрушающим методами проводится с помощью контрольных карт, аналитическим или графическим методами.

Допускается объединять в контрольную карту результаты параллельного контроля механических свойств группы толщин проката и марок стали.

7.4 Количество отклонений, выходящих за контрольные границы, не должно превышать 5 % за период контроля. При неудовлетворительных результатах испытаний контроль партий проводится в соответствии с требованиями государственных стандартов и технических условий на металлопродукцию.

7.5 Оценка показателей качества является удовлетворительной, если смещение центра распределения относительно центральной линии не превышает $\pm 0{,}5\ S_{ост_i}$. При большем смещении центра распределения отклонений осуществляется корректирование уравнений регрессии; заключение о необходимости указанного корректирования выносится на основании обработки выборки объемом не менее 50 партий.

7.6 В протокол испытаний заносят номер нормативного документа, по которому поставляется продукция, марку стали, толщину, типоразмер контролируемого изделия, номера плавки и партии, значения магнитной характеристики и показателей качества.

7.6а В протоколе испытаний металлоизделий указывают: нормативный документ, по которому они изготовлены; условия и режимы эксплуатации; средство измерения; значения измеренных магнитных характеристик; значения параметров механических и технологических свойств, микроструктуры или ресурсных характеристик, рассчитанных на основе физически обоснованной связи с

магнитными характеристиками для каждой марки стали и технологии изготовления изделия с указанием источника, в котором представлена использованная зависимость.

(Введен дополнительно, Изм. № 1).

7.7 В протоколе испытаний на продукцию, проконтролированную по настоящему стандарту, указывают механические свойства в единицах измерения, установленных стандартами на продукцию.

7.8 В случае сплошного или поштучного неразрушающего контроля в технологическом потоке производства в протоколе испытаний указывается уровень свойств партии, обеспеченный нормативными документами на продукцию, с принятой в стандарте доверительной вероятностью.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Состав характеристик, подлежащих обязательному определению при неразрушающем магнитном методе контроля механических свойств

Таблица А.1

Обозначение	Определение	Нормативный документ	Решаемые задачи
X	Выборка матрицы наблюдений	ГОСТ 15895	Сбор данных
$(X_1, X_2, \ldots, X_k)$	Показатели, k — количество показателей в выборке	ГОСТ 15895	Представительность выборки
N_k	Объем выборки, N — число наблюдений над каждым показателем	ГОСТ 20736	Достаточность объема наблюдений
$\overline{X}$	Среднее значение	ГОСТ 27.202	Оценка основных статистических характеристик
S_x	Среднее квадратическое отклонение	ГОСТ 27.202	Оценка основных статистических характеристик
I_{1x}, I_{2x}	Доверительный интервал среднего значения	ГОСТ 27.202	Определение пределов изменения
$t_{ср}$	Статистика Стьюдента для проверки гипотезы о равенстве средних значений	ГОСТ 27.202	Проверка однородности данных и стабильности технологий. Объединение выборок
$F_э$	Статистика Фишера проверки гипотезы о равенстве дисперсий	ГОСТ 27.202	Проверка однородности данных и стабильности технологий. Объединение выборок
$R_{x_1 : x_2}$	Коэффициент корреляции для оценки линейной связи между показателями	ГОСТ 27.202	Оценка уровня линейной корреляционной связи. Проверка гипотезы зависимости
t_r	Статистика Стьюдента для проверки значимости коэффициента корреляции	ГОСТ 27.202	Проверка гипотезы о значимости корреляционной зависимости
$S_{ост}$	Остаточное стандартное среднее квадратическое отклонение ошибок регрессии	ГОСТ 15895	Установление доверительных границ уравнения регрессии
R_{yx}	Множественный коэффициент корреляции между целевым и совокупностью влияющих показателей (характеристика определяется при необходимости многофакторного контроля)	ГОСТ 27.202	Оценка уровня множественной линейной (линеаризованной) зависимости
$C_н$	Приемочное число показателя качества, нормируемого снизу	ГОСТ 27772	Аттестация продукции
$C_в$	Приемочное число показателя качества, нормируемого сверху	ГОСТ 27772	Аттестация продукции

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Описание технологии автоматизированного построения математических моделей с использованием ЭВМ

Б.1 Подготовка на носителях и контроль входных данных

В процессе подготовки исходной информации на машинных носителях осуществляется технический контроль, заключающийся в проверке каждого числа на неправильный символ.

Ошибки подготовки данных выявляются с помощью распечатки информации и анализа расчетных таблиц основных статистических характеристик показателей механических свойств, химического состава стали, магнитных свойств и других параметров.

После корректировки данных пересчитывают статистические характеристики и приступают к формированию рабочего массива и анализу данных с помощью выборочных методов математической статистики.

Б.2 Организация рабочего массива. Анализ результатов испытаний

Из множества параметров, составляющих исходную информацию, условно формируют группу факторов (рабочий массив), содержащую все влияющие переменные и показатель механических свойств.

Значения показателей качества, не несущие информации в контексте решаемой задачи, а также соответствующие им значения независимых влияющих переменных из выборки удаляют. В этом случае статистические характеристики пересчитывают.

Исключение резко выделяющихся значений осуществляется, исходя из качественного и количественного анализов выборки.

При большом числе наблюдений используется «правило трех сигм», по которому наблюдение X исключается в случае, если его отклонение от $\overline{X}$ превосходит $3S$, где S — среднее квадратическое значение показателя качества.

Согласно более точному критерию оценки аномальности значений рассматривается упорядоченная выборка результатов наблюдений

$$X_1 \le X_2 \le , \ldots , \le X_n, \qquad (Б.1)$$

где n — число наблюдений в каждом показателе.

Чтобы оценить принадлежность X_n и X_1 к данной совокупности и принять решение об исключении или оставлении X_n (X_1) в составе выборки, находят отношения

$$U_n = \frac{X_n - \overline{X}}{S} \quad \text{и} \quad U_1 = \frac{\overline{X} - X_1}{S}. \qquad (Б.2)$$

Результаты сравнивают с табличным значением β критерия Смирнова о вычислении критических значений при вероятности P, которые находят из соотношений:

$$\alpha = P \ (U_n \ge \beta) \text{ и } \alpha = P \ (U_1 \ge \beta) \qquad (Б.3)$$

для данного объема n и уровня значимости $\alpha = 0{,}05$.

Если U_n (U_1) $\ge \beta$, то подозреваемый в аномальности результат наблюдения исключается из выборки, в противном случае он остается в выборке.

Указанный критерий используется для малых выборок объемом ≤ 50.

Б.3 Исследование характеристик распределения и приведение к нормальности

Целевой показатель (показатель качества) сформированной группы факторов подвергается исследованию на нормальность распределения.

Проверка нормальности распределения показателей осуществляется по критериям: χ^2 Пирсона для объема выборки, превышающего 200; Колмогорова для объема выборки, превышающего 100, и Мизеса-Смирнова для объема выборки, превышающего 50.

В случае отсутствия нормальности распределения выполняется переход от исходного показателя X к другой переменной Y путем функционального преобразования данных.

В случае нормальности распределения целевого показателя или приведения к нормальности вычисляемые его статистические характеристики имеют известные распределения и для этих характеристик можно установить доверительные пределы изменения, и тогда оценки будущей модели становятся обоснованными с вероятностно-статистической точки зрения, что позволяет перейти к следующему этапу моделирования по рассматриваемой схеме.

Если переход к нормальности не осуществлен, то это влечет за собой ненадежность статистических оценок будущей модели.

Б.4 Оценка объема измерений

Если объем выборки по целевому параметру не меньше вычисленного по приводимым ниже формулам, то осуществляется переход на следующий этап статистической обработки данных, в противном случае

производится сбор информации для пополнения выборки, и процесс моделирования проводится для дополненной выборки согласно схеме.

Пусть $\overline{Y}$ — среднее значение наблюдений при простой случайной выборке и вероятность

$$P(|\overline{Y} - \nabla| \geq d) = \alpha, \qquad (Б.4)$$

где d — выбранное предельное значение ошибки;

α — некоторая малая вероятность;

∇ — генеральное среднее значение.

В качестве приближения минимального объема n выборочной совокупности выбирается значение

$$n = 1 + \left(\frac{tS}{d}\right)^2, \qquad (Б.5)$$

где t — значение абсциссы для кривой нормального распределения, отсекающее на «хвостах» площадь α.

Б.5 Анализ парных зависимостей

Наличие линейной корреляционной зависимости между показателями X и Y выявляется сравнением коэффициента корреляции R и корреляционного отношения η.

Если разность $\eta^2 - R^2$ не превышает 0,1, то предположение о линейной форме корреляционной связи подтверждается.

Если разность $\eta^2 - R^2$ превышает 0,1, то оценивают существенность различия между η и R.

С целью выявления вида криволинейной зависимости строят корреляционные поля и эмпирические линии регрессии, устанавливают формы связи между Y и показателями X, подбирают аналитическую формулу $Y = f(X)$, отражающую характер эмпирической кривой, например:

$$Y = X^2,\ Y = \sqrt{X},\ Y = 1/X,\ Y = \ln x,\ Y = e^x.$$

Все выбранные зависимости должны отражать качественную зависимость механических свойств от влияющих показателей.

Б.6 Построение модели

В качестве статистического метода установления связи между зависимой переменной Y и совокупностью влияющих показателей (X_i) используется пошаговый метод построения множественной регрессии, позволяющий включать или исключать независимые переменные X_i в порядке их значимости.

Оценка параметров выполняется для линейных и линеаризованных моделей вида:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{m} b_i X_i, \qquad (Б.6)$$

где X_i — показатели исходной совокупности (X_i) или показатели, полученные из (X_i) путем алгебраических преобразований;

b_0, b_i — коэффициенты регрессии, оценки параметров модели.

Критерий пошагового построения регрессий основывается на уменьшении остаточной суммы квадратов уравнений (Б.6), при этом в регрессию вводится переменная, наиболее влияющая на это уменьшение на данном шаге, а исключается наименее влияющая.

Процедура построения модели продолжается до тех пор, пока не исчерпываются все различные $X \in (X_i)$, $i = \overline{1,m}$; при этом полное множество возможных моделей составляет 2^m. Пошаговое построение предполагает движение по направлениям, перспективным с точки зрения уменьшения остаточной суммы квадратов. Окончательный выбор модели определяется статистической надежностью ее в целом и статистической надежностью каждой получаемой оценки b_i параметров модели.

На каждом l-м шаге построения регрессионной модели вычисляют ее характеристики:

$S_{ост_l} = \sqrt{\frac{n-1}{n-l} \cdot \frac{SS - SS_{хит}}{n-l-1}}$ — стандартная ошибка оценки модели с учетом степеней свободы;

$R_l = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{n-1}{l} \cdot \frac{SS_{хит}}{SS}\right)^2 \cdot \frac{n-1}{n-l}}$ — коэффициент множественной корреляции, скорректированный на степени свободы;

$F = \frac{n-l-1}{l} \cdot \frac{SS_{хит}}{SS - SS_{хит}}$ — коэффициент надежности множественного коэффициента корреляции (статистика Фишера);

$t_i = \frac{b_i}{S_{b_i}}$ — коэффициент надежности коэффициентов регрессии (статистика Стьюдента),

где SS — сумма квадратов отклонений зависимой переменной от своего среднего;

$SS_{зам}$ — накопленная сумма квадратов, объяснимая множественной регрессией;

n — число наблюдений по каждой переменной;

l — число переменных в уравнении регрессии на данном шаге;

b_i — коэффициент регрессии;

S_{b_i} — стандартные ошибки коэффициентов регрессии, вычисляемые как элементы матрицы обратной корреляционной.

Оценки b_i параметров регрессионной модели согласно методу наименьших квадратов выбираются на каждом шаге такими, чтобы значения, характеризующие меру разброса экспериментальных данных по отношению к предсказанным по модели значениям, были минимальны.

При оценивании качества модели значения t_i показателей надежности коэффициентов регрессии сравнивают с предельным значением статистики Стьюдента $t_{q,\ v}$ (q — принятый уровень значимости, v — число степеней свободы), а значение F — коэффициент надежности множественного коэффициента корреляции сравнивают с табличным значением статистики Фишера $F_{q,\ v_1,\ v_2}$ (q — принятый уровень значимости, $v_1 = l$, $v_2 = n-l-1$ — соответствующие значения степеней свободы).

Если $t_i \geq t_{q,\ v}$, то значение i-го коэффициента регрессии считается надежным. Если $F \geq F_{q,\ v_1,\ v_2}$, то значение множественного коэффициента регрессии считается надежным.

Прежде всего необходимо получить модели с надежными оценками коэффициентов регрессии и коэффициента множественной корреляции, минимальной ошибкой аппроксимации и стандартной ошибкой оценки модели.

Остановиться следует на той из построенных моделей, которая имеет надежные оценки t_i коэффициентов регрессии b_i, надежную оценку F множественного коэффициента корреляции, наименьшую стандартную ошибку оценки модели, достаточно высокий коэффициент множественной корреляции R как показатель детерминированности взаимосвязи целевой переменной Y с независимыми переменными X, а также имеет состав переменных X, приемлемый в контексте решаемой задачи.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Методика восстановления регрессионных зависимостей по эмпирическим данным

Для восстановления количественного соответствия между значениями показателей механических свойств проката и измеряемыми физическими параметрами в случае, когда выборки проводятся несогласованно и имеют различное число измерений, предлагается методика нахождения коэффициентов калибрующего уравнения, базирующаяся на восстановлении корреляционных зависимостей. Основанием применения метода восстановления является стабильность свойств, порождаемых данной технологией, и нормальный закон совместного распределения значений измеряемых показателей.

При восстановлении зависимостей различные постановки задач сводятся к математической схеме минимизации среднего риска по эмпирическим данным.

Считается, что показатели Y и X связаны регрессионной зависимостью, если каждому значению x показателя X ставится в соответствие число y, полученное с помощью случайного испытания над показателем Y согласно условной плотности вероятности $P(y/x)$. Иначе говоря, каждому x ставится в соответствие закон $S(y/x)$, согласно которому в случайном испытании реализуется выбор y.

Полное знание регрессионной зависимости требует восстановления условной плотности $P(y/x)$, но на практике, в задачах обработки результатов измерений, нужно знать одну из ее характеристик, функцию условного математического ожидания

$$y(x) = \int y \cdot P(y/x)dy, \qquad (B.1)$$

называемую регрессией.

Задача восстановления функции условного математического ожидания в этом случае формулируется как задача восстановления регрессии — одна из основных проблем прикладной статистики.

Постановка задачи состоит в следующем.

При проведении испытаний случайно и независимо появляются значения измерений x. В этой среде работает преобразователь $S(x/y)$, который каждому x ставит в соответствие число y, полученное в результате реализации случайного испытания, согласно закону $P(y/x)$.

Свойства среды $P(x)$ и закон $P(y/x)$ неизвестны, однако известно, что существует регрессия

$$y = y(x). \tag{В.2}$$

Требуется по паре случайных независимых выборок в общем случае различного объема

$$\{X_i\},\ i = \overline{1,m};\ \{Y_j\},\ j = \overline{1,n} \tag{В.3}$$

восстановить регрессию, то есть в классе функций $F(x, a)$ отыскать функцию $F(x, a^o)$, наиболее близкую к регрессии $y(x)$.

Здесь m, n — объемы независимых выборок над показателями Y, X, а F — обозначение класса функций регрессии, отличающихся значениями параметров a, принадлежащих A — множеству значений.

Задача восстановления регрессии сводится к проблеме минимизации функционала

$$I(a) = \int (y - F(x,a))^2 \cdot P(y/x) \cdot P(x)dxdy \tag{В.4}$$

на множестве $F(x,a) \in L_p$ — интегрируемых с квадратом по мере $P(x)$ функций в ситуации, когда совместная плотность вероятности $P(x,y) = P(y/x)P(x)$ неизвестна.

Можно показать, что если регрессия $y = y(x)$ принадлежит классу $F(X,a)$, то она минимизирует функционал $I(a)$. Если же регрессия не принадлежит $F(x,a)$, то минимум достигается на ближайшей к регрессии функции $F(x,a)$, то есть в любом случае решение будет оптимальным относительно сделанных предположений.

Близость функций понимается в смысле метрики L_p (квадратичная мера):

$$d[f_1(x), f_2(x)] = \sqrt{\int (f_1(x) - f_2(x))^2 P(x)dx}\ . \tag{В.5}$$

Записываем формулу (В.4) в общей форме

$$I(a) = \int Q(z,a)\ P(z)dz, \tag{В.6}$$

где $I(a)$ — средний риск;

$Q(z,a)$ — функция потерь

в задаче минимизации среднего риска при восстановлении регрессии по эмпирическим данным $z_1, z_2 \ldots$.

Минимальное значение (В.6) достигается с доверительной вероятностью P, называемой надежностью восстановления.

Практическое решение задачи, обеспечивающее минимизацию среднего риска восстановления регрессии с заданной надежностью на выборках конечного объема, состоит в построении уравнения выбранной 100(1—α)-процентной области D_{yx} совместного распределения значений показателей Y, X.

$$D_{yx}:\ D(\alpha,\ u\ ) = 0, \tag{В.7}$$

где u — вектор параметров, включающий опорные значения совместного распределения измерений x, y, в том числе средние значения $\overline{y}$, $\overline{x}$, средние квадратические отклонения S_y, S_x и парный коэффициент корреляции R_{yx}. Находится решение уравнения относительно R_{yx} при выборочных значениях опорных величин. В частности, 100(1—α)-процентная доверительная область совместного попадания значений y, x определяется уравнением эллипсоида

$$\frac{(y-\overline{y})^2}{S_y} - 2R_{yx}(y-\overline{y})\cdot(x-\overline{x}) + \frac{(x-\overline{x})^2}{S_x} = 1-R_{yx} \tag{В.8}$$

с растяжением, соответствующим назначенной доверительной вероятности и объемам выборок.

Задавая статистические гипотезы о предельных значениях $Y = Y^o$ и $X = X^o$, находим решение уравнения (В.8) относительно R_{yx}, что позволяет определить калибрующий коэффициент

$$b = \frac{S_y}{S_x} R_{yx} \tag{В.9}$$

и смещение

$$a = \overline{y} - b\overline{x} \tag{В.10}$$

для восстановления регрессионной зависимости

$$y = a + bx \tag{В.11}$$

между механической характеристикой и измеряемым физическим показателем.

Как правило, уравнения (В.7) являются нелинейными относительно R_{yx}, в связи с чем целесообразно использовать один из приближенных методов отыскания решений с итерацией на i-м шаге

$$u(i+1) = u(i) + t(i)g(i), \tag{В.12}$$

где $g(i)$ — единичный вектор в направлении градиента;

$t(i)$ — значение шага.

УДК 669.13/14.001.4:006.354 МКС 77.040.20 77.080.20 В09 ОКСТУ 0909

Ключевые слова: неразрушающий контроль, магнитный метод, средства контроля, проведение контроля, обработка результатов

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 24.02.2005. Подписано в печать 29.03.2005. Усл. печ. л. 1,86.
Уч.-изд. л. 1,20. Тираж 200 экз. С 780. Зак. 183.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
http://gost.e-ecolog.ru e-mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

Изменение № 1 ГОСТ 30415—96 Сталь. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом

Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 24 от 05.12.2003)

Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 4746

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AM, BY, KZ, MD, RU, TJ, TM, UZ, UA [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

Дату введения в действие настоящего изменения устанавливают указанные национальные органы по стандартизации

Раздел 1. Первый абзац изложить в новой редакции:

«Настоящий стандарт распространяется на сортовой, листовой, полосовой, фасонный прокат, листы с немагнитными покрытиями, трубы, многослойные листы и ленты из углеродистых, легированных и электротехнических марок стали, изделия из вышеперечисленной металлопродукции и устанавливает неразрушающий магнитный метод контроля механических и технологических свойств, микроструктуры и ресурсных характеристик».

Раздел 2 дополнить абзацем (после первого):

«ГОСТ 27.002—89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»;

заменить ссылку и слово: «ГОСТ 7564—73 Сталь» на «ГОСТ 7564—97 Прокат»;

ссылку на ГОСТ 15895—77 дополнить знаком сноски: *;

ссылку на ГОСТ 20736—75 дополнить знаком сноски: **;

дополнить сносками:

«* На территории РФ действуют ГОСТ Р 50779.10—2000, ГОСТ Р 50779.11—2000.

** На территории РФ действует ГОСТ Р 50779.74—99».

Пункт 3.2. Последний абзац дополнить словами: «и условий службы металлоизделий».

Раздел 5 дополнить пунктом — 5.3а:

«5.3а Порядок определения предельного состояния изделия должен быть указан в нормативном документе на металлоизделие».

Раздел 6 дополнить пунктом — 6.5а:

(Продолжение см. с. 102)

«6.5а Готовые изделия из металлопродукции подвергаются неразрушающему контролю у изготовителя и у потребителя перед вводом в эксплуатацию, а в процессе эксплуатации контролируются с периодичностью, устанавливаемой нормативным документом на металлоизделие».

Раздел 7 дополнить пунктом — 7.6а:

«7.6а В протоколе испытаний металлоизделий указывают: нормативный документ, по которому они изготовлены; условия и режимы эксплуатации; средство измерения; значение измеренных магнитных характеристик; значения параметров механических и технологических свойств, микроструктуры или ресурсных характеристик, рассчитанных на основе физически обоснованной связи с магнитными характеристиками для каждой марки стали и технологии изготовления изделия с указанием источника, в котором представлена использованная зависимость».

(ИУС № 6 2004 г.)

gost.e-ecolog.ru