



It is shown that introduction of statistical method of control will allow to reduce efforts for production, delivery of the samples to the laboratory of mechanical testing, and to reduce the expenses as well.

А. Н. ПОБОЛОВЕЦ, С. В. МАТВЕЕВА, РУП «БМЗ»

УДК 669.

РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОКАТА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Основным условием внедрения статистических методов контроля продукции является наличие на соответствующем производстве хорошо развитых систем АСУ, позволяющих осуществлять надежное слежение за единицей продукции, регистрацию технологических параметров ее производства и автоматическую оценку соответствия технологических режимов нормативным диапазонам.

Учитывая, что на РУП «БМЗ» стан 150 горячей прокатки автоматизирован, было принято решение изучить возможность внедрения неразрушающего статистического метода контроля.

С этой целью для катанки марки Ст1сп, производимой по ЗТУ 840-11-2006, был проведен корреляционный анализ экспериментальных данных, который позволил получить уравнения множественной линейной регрессии с целью установления зависимости механических свойств катанки от химического состава стали и технологических параметров прокатки. Выполнен сравнительный анализ соответствия расчетных данных по уравнениям регрессии и экспериментальных механических свойств катанки.

В ходе исследования из тех технологических параметров и химического состава катанки, которые предположительно влияют на механические характеристики, были выявлены наиболее значимые: углерод, марганец, хром, никель, медь, азот и углеродный эквивалент. Температура виткоукладчика, скорость редуccionного блока, время нахождения в печи, а также кремний, фосфор и сера оказались настолько малозначимыми, что в уравнениях множественной линейной регрессии для расчета предела прочности и относительного удлинения они не учитываются.

Полученные уравнения имеют вид

$$\sigma_B = 361,36 + 6945,81C + 1172,73Mn + 1317,65Cr + 535,11Ni + 466,50Cu - 6547,75C_{eqv}, \quad (1)$$

коэффициент множественной корреляции $R = 0,70$,

$$\delta_5 = 44,69 - 670,240N_2, \quad (2)$$

коэффициент множественной корреляции $R = 0,30$, где σ_B – предел прочности, Н/мм²; δ_5 – относительное удлинение, %; C, Mn, Cr, Ni, Cu, N₂, C_{eqv} – содержание соответственно углерода, марганца, хрома, никеля, меди, азота, углеродного эквивалента, %; числовые значения – регрессионные коэффициенты.

Основные критерии, по которым судят об адекватности полученной модели.

1. Критерий Фишера $F = 3,59$ с уровнем значимости $p = 0,012$ – для предела прочности и $F = 4,96$ с уровнем значимости $p = 0,03$ – для относительного удлинения (что меньше 0,05);

2. Критерий Стьюдента $t = 10,23$ с уровнем значимости $p = 0,000$ – для предела прочности и $t = 15,96$ с уровнем значимости $p = 0,000$ – для относительного удлинения (что меньше 0,05);

3. p -Уровни для всех рассчитанных регрессионных коэффициентов также меньше 0,05:

для предела прочности:

свободный член $p = 0$; C – $p = 0,006$; Mn – $p = 0,008$; Cr – $p = 0,013$; Ni – $p = 0,021$; Cu – $p = 0,006$; C_{eqv} – $p = 0,009$;

для относительного удлинения:

свободный член $p = 0$; N₂ – $p = 0,03$.

4. Анализ остатков. Во множественной линейной регрессии предполагается, что остатки (предсказанные значения минус наблюдаемые) распределены нормально. Для визуального анализа их распределения построены нормальный вероятностный график значений остатков временного сопротивления разрыву (рис. 1) и нормальный вероятностный график значений остатков относительного удлинения (рис. 2).

Анализ показал, что никаких серьезных смещений оценок, в частности выбросов, не наблюда-

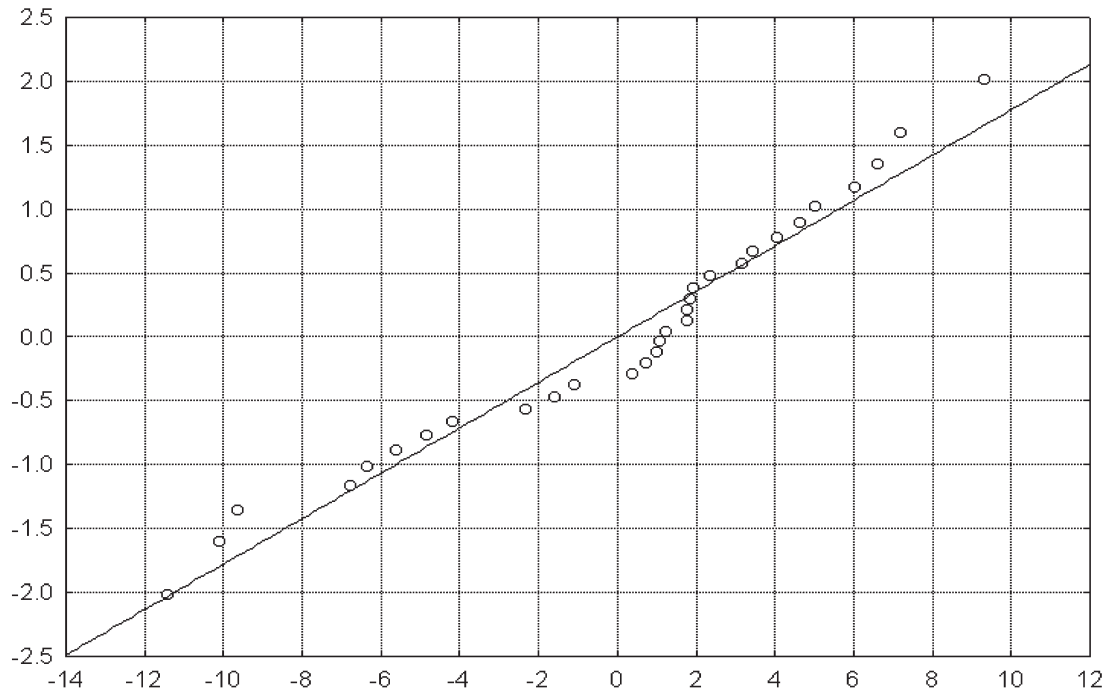


Рис. 1. Нормальный вероятностный график значений остатков предела прочности

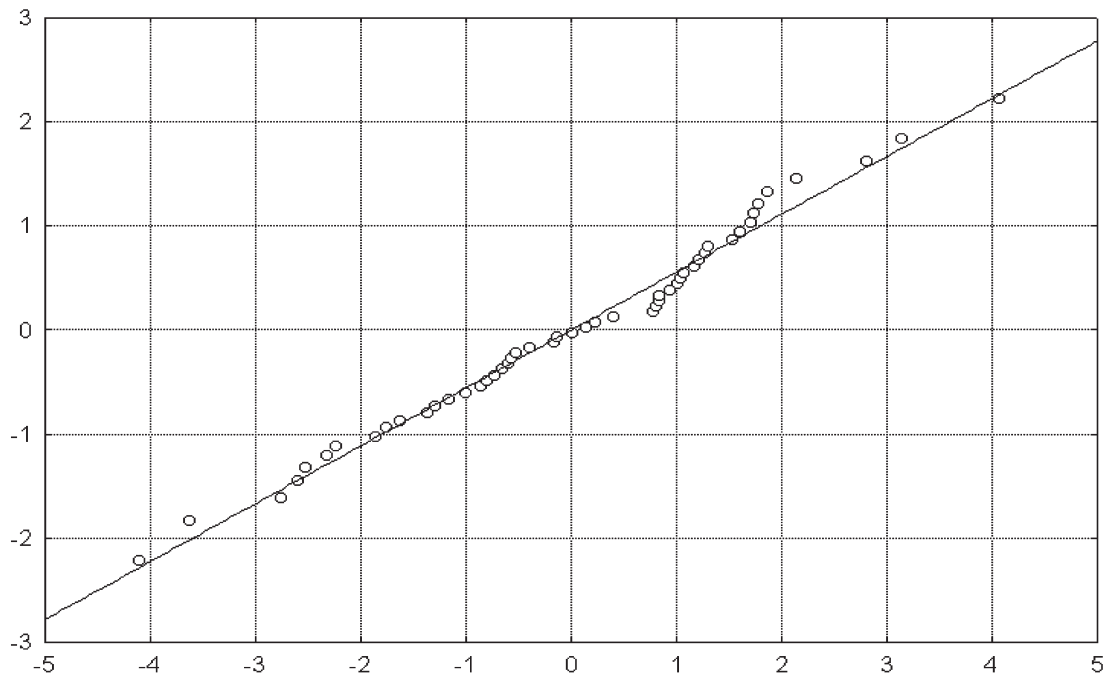


Рис. 2. Нормальный вероятностный график значений остатков относительного удлинения

ется. Проведенное исследование показало хорошую сходимость измеренных и рассчитанных величин с уровнем доверия, равным 95%, что подтверждает возможность надежно прогнозировать качество проката.

Разработан алгоритм расчета механических свойств катанки статистическим методом контроля (рис. 3). Контролю подлежит готовый прокат. Приведенные выше механические характеристики определяют по данным химического состава плавки с помощью ЭВМ. Партия

аттестуется по результатам статистического контроля, если все расчетные значения контролируемых характеристик не выходят за пределы, ограниченные приемочными числами. Если значения хотя бы одной контрольной характеристики выходят за эти пределы, то от партии отбираются пробы для стандартных (разрушающих) испытаний. ЭВМ ведет сквозную нумерацию партий от 1 до 10, каждая десятая маркируется как контрольная и поступает на стандартные испытания в лабораторию физико-механических

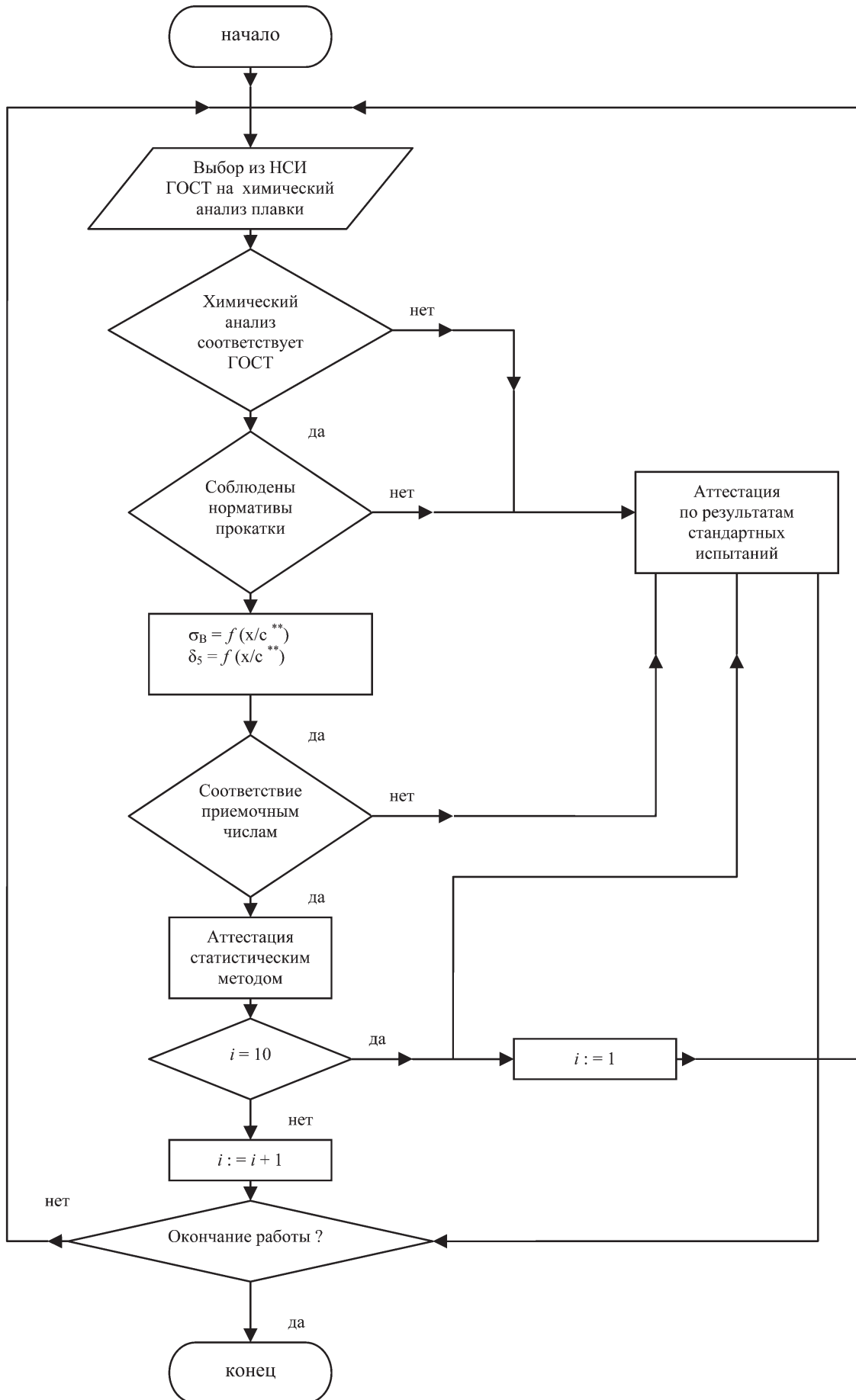


Рис. 3. Алгоритм расчета механических свойств готового проката статистическим методом контроля

Контрольная карта рассчитанных значений
предела прочности

X(среднее): 422.36 ; Ст. отклонение: 4.3917;

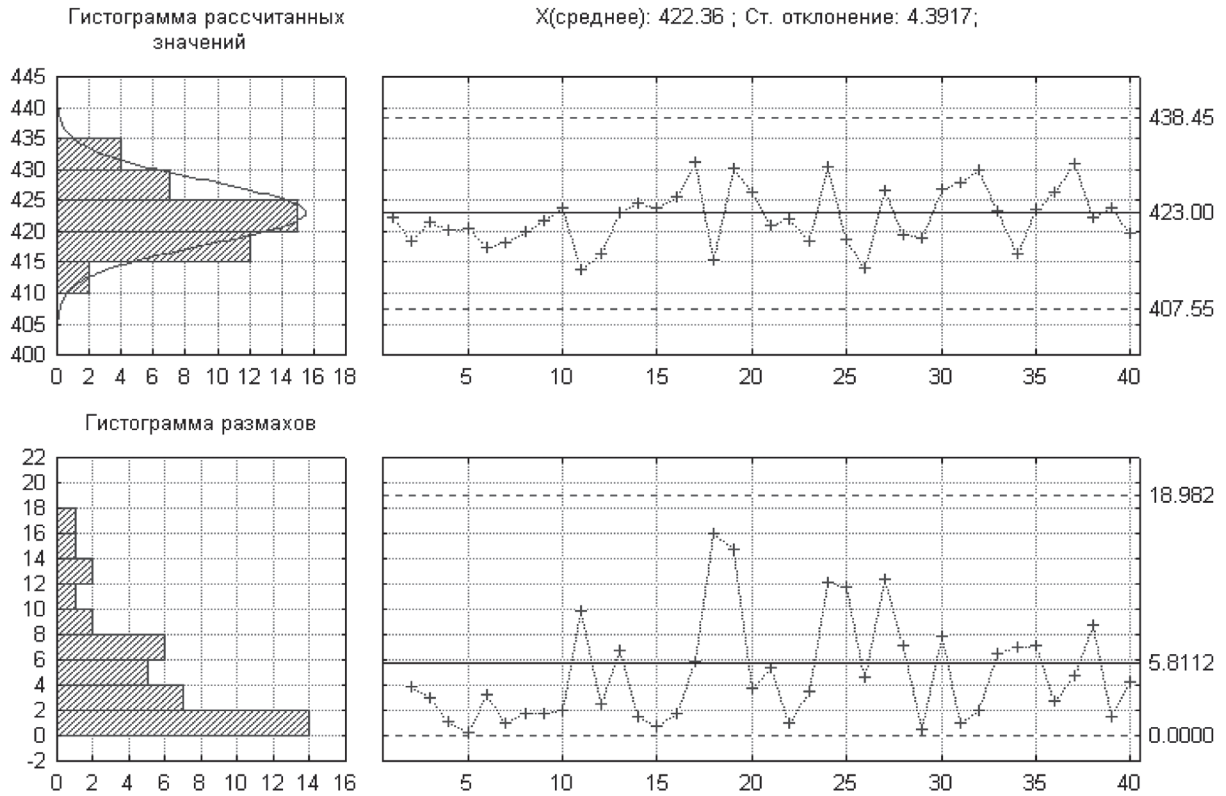


Рис. 4. Карта размахов и рассчитанных значений временного сопротивления разрыву

Контрольная карта рассчитанных значений удлинения

X(среднее значение): 38.579; Sigma: .44625;

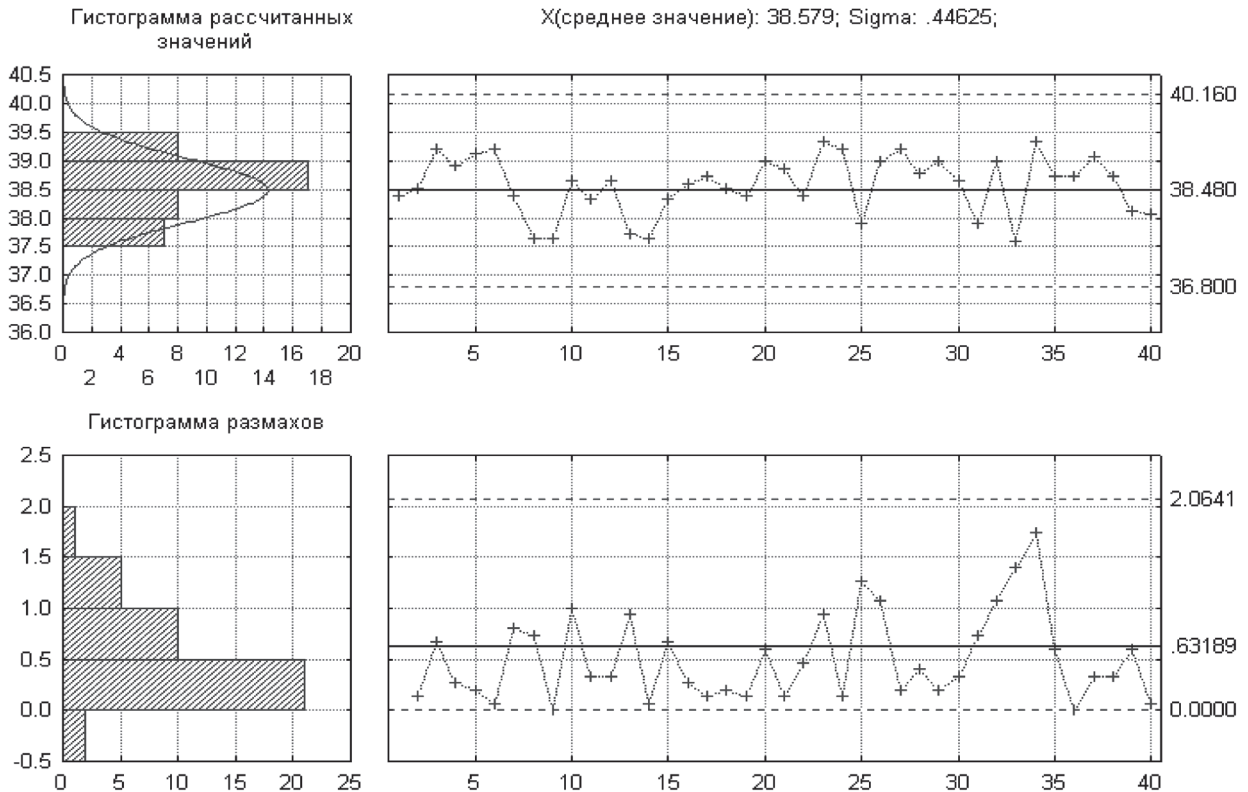


Рис. 5. Карта размахов и рассчитанных значений относительного удлинения

испытаний. Из этих испытаний формируется и обрабатывается контрольная карта (рис. 4, 5), с помощью которой следят за достоверностью метода.

В данном случае из контрольной карты видно, что нет ни одного критерия, указывающего на разладку процесса.

Выводы

Внедрение неразрушающего статистического метода контроля позволит сократить трудозатраты на изготовление, доставку образцов в лабораторию механических испытаний, на проведение механических испытаний и выполнение расчетов; уменьшить отходы металла.

Поздравляем!

Директора ГНУ «Институт технологии металлов» НАН Беларуси, д-ра техн. наук, чл.-корр. НАН Беларуси Маруковича Е. И. с избранием в Академики Национальной академии наук Беларуси!

Желаем, Вам, Евгений Игнатьевич, крепкого здоровья, новых творческих свершений, счастья в личной жизни.

БелОЛиМ, редакция