

УДК. 621. 771. 01

**М. Н. ШТОДА, С. В. ЕРШОВ, К. Г. ГЕЙМУР, В. М. САМОХВАЛ, С. Ю. ГАВРИЛИН****УШИРЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ В КАЛИБРАХ ВЫТЯЖНОЙ СИСТЕМЫ «ОВАЛ – КРУГ»**

У статті описані результати експериментального дослідження залежності коефіцієнта розширення при прокатці в калібрах витяжної системи «овал – круг» в умовах високошвидкісного десятикільцевого дрогового блоку стану 400/200 ПАТ «Дніпровський меткомбінат». Для дослідження заповнення овальних і круглих калібрів високошвидкісного чистового десятикільцевого дрогового блоку, були обрані калібри, які використовуються для виробництва катанки  $\varnothing 5,5$  мм, так як вони дозволяють охопити більшість типорозмірів овальних і круглих калібрів чистового блоку. На підставі статистичного аналізу отримано узагальнені формули для розрахунку коефіцієнта розширення при прокатці овальних штаб в круглих калібрах і круглих штаб в овальних калібрах. В рамках роботи було виконано аналіз впливу температури металу перед прокаткою на коефіцієнт розширення при прокатці в калібрах системи «овал – круг». Взаємозв'язок між коефіцієнтом розширення і температурою металу перед прокаткою в досліджуваному діапазоні температур не простежується.

**Ключові слова:** система калібрів «овал – круг», дроговий блок, коефіцієнт множинної кореляції, графік Парето, узагальнена формула для розрахунку коефіцієнта розширення, температура металу

В статье описаны результаты экспериментального исследования зависимости коэффициента уширения при прокатке в калибрах вытяжной системы «овал – круг» в условиях высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепровский меткомбинат». Для исследования заполнения овальных и круглых калибров высокоскоростного чистового десятиклетьевого проволочного блока, были выбраны калибры, используемые для производства катанки  $\varnothing 5,5$  мм, так как они позволяют охватить большинство типоразмеров овальных и круглых калибров чистового блока. На основании статистического анализа получены обобщенные формулы для расчета коэффициента уширения при прокатке овальных полос в круглых калибрах и круглых полос в овальных калибрах. В рамках работы был выполнен анализ влияния температуры металла перед прокаткой на коэффициент уширения при прокатке в калибрах системы «овал – круг». Взаимосвязь между коэффициентом уширения и температурой металла перед прокаткой в исследуемом диапазоне температур не прослеживается.

**Ключевые слова:** система калибров «овал – круг», проволочный блок, коэффициент множественной корреляции, график Парето, обобщенная формула для расчета коэффициента уширения, температура металла

In article is represented the results of experimental researches of dependence of the spreading coefficient during rolling in calibers of elongation system «oval – round» in the high-speed wire rod ten-stand block of 400/200 rolling mill PJSC «Dneprovsky Integrated Iron&Steel Works». For study of the filling of oval and round caliber of high-speed wire rod ten-stand block were selected gauges which are used for the production of wire rod  $\varnothing 5,5$  mm, as they allow to cover most sizes of round and oval calibers of finishing block. Based on statistical analysis was obtained the generalized formula for the calculation of the spreading coefficient when rolling oval bars in round caliber and round bars in oval calibers. As part of the analysis was performed analysis of influence of metal temperature before rolling on spreading coefficient at rolling in calibers system «oval – round». The relationship between the spreading coefficient and the temperature of the rolled strip before to rolling in the temperature range was not noticed.

**Keywords:** the system of caliber «oval – round », the wire rod block, multiple correlation coefficient, Pareto chart, a generalized formula for calculating the spreading coefficient, metal temperature

**Введение.** Среди вопросов, изучаемых в рамках развития теории продольной прокатки в калибрах, вопрос определения зависимости величины уширения прокатываемой полосы от технологических факторов процесса является одним из наиболее часто встречающихся. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, это связано с легкостью изучения, так как определение величины уширения требует только знаний формы и размера заготовки, калибра и профиля после прокатки. Во-вторых, бесспорна важность и необходимость достоверных знаний о величине поперечной деформации при сортовой прокатке. Это делает данный вопрос актуальным для любого этапа развития теории продольной прокатки в калибрах.

Как отмечено в работе [1], основными задачами при производстве готового проката являются получение проката заданных размеров и формы с максимально возможной производительностью и с наименьшими затратами при высоком качестве продукции. От себя скажем, что решение этих

вопросов на практике невозможно без знания величины уширения в каждом проходе.

В статье описаны результаты экспериментального исследования зависимости коэффициента уширения при прокатке полос в калибрах вытяжной системы «овал – круг» в условиях высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепровский меткомбинат». Необходимость проведения таких исследований была вызвана разработкой новых режимов деформаций в чистовом блоке, которые позволяют повысить качество готовой продукции (обеспечить отсутствие лампаса на переднем и заднем конце катанки) и улучшения условий работы прокатного оборудования.

**Анализ состояния вопроса.** Современная теория прокатки в калибрах располагает широкими возможностями для определения величины уширения полосы в очаге деформации. Все их можно объединить в группы трех уровней:

1) формулы для расчета уширения прямоугольных полос на гладкой бочке. По

некоторым подсчетам таких формул имеется более 200. Среди них можно выделить наиболее используемые на постсоветском пространстве формулы, приведенные в работах [2–5];

2) экспериментальные и теоретические формулы для расчета уширения полосы при прокатке в калибре с учетом фактической формы очага деформации. Например, работы [6, 7];

3) результаты математического моделирования (аналитическое, вариационное и другие математические решения физических процессов, протекающих в очаге деформации при прокатке в калибрах, например, работы [8, 9]).

Какой подход использовать решается, исходя из возможностей исследователя и целесообразности, обусловленной сложностью поставленной задачи. Так, при изучении взаимосвязи конечной металлографической структуры готового профиля и технологических параметров процесса прокатки необходимо исследовать температурные условия процесса прокатки во взаимосвязи с деформационным состоянием прокатываемой полосы и с рассмотрением напряженного состояния металла в очаге деформации. Это требует использования либо сложного дорогостоящего исследовательского оборудования (пластометр, тепловизор, тензометрическая станция), либо сложного математического аппарата для моделирования исследуемых процессов. Например, программных пакетов для моделирования процесса прокатки с использованием метода конечных элементов. Для решения большинства практических задач достаточно использования более простых подходов.

**Цель работы** – получение зависимостей для расчета коэффициента уширения при прокатке полос в системе вытяжных калибров «овал – круг».

**Постановка задачи.** Для выполнения поставленной цели необходимо провести экспериментальные исследования зависимости коэффициента уширения от технологических параметров процесса прокатки овальных полос в круглых калибрах и круглых полос в овальных калибрах в условиях высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепропетровский меткомбинат».

**Методы исследований.** Для исследования заполнения овальных и круглых калибров высокоскоростного чистового десятиклетьевого проволочного блока были выбраны калибры, используемые для производства катанки  $\varnothing 5,5$  мм, так как они позволяют охватить большинство типоразмеров овальных и круглых калибров чистового блока. С целью увеличения точности полученных зависимостей для условий работы высокоскоростного чистового проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепропетровский меткомбинат»

экспериментальные исследования были выполнены в условиях, максимально приближенных к производственным. В качестве исходной заготовки использовали обрезь реальных подкатов, прокатываемых на стане в клети 20В при производстве катанки  $\varnothing 5,5$  мм. Заготовки грели при помощи горелок до температуры прокатки в непосредственной близости к блоку и затем прокатывали в исследуемом калибре. Контроль температуры прокатки выполняли оптическим пирометром. Измерения выполнялись до и после прокатки. Часть образцов, прокатанных в одном калибре использовали для исследования заполнения следующего по ходу прокатки калибра.

Опыты проводили при работе блока в «толчковом» режиме при частоте вращения двигателя блока 20 об/мин. Различие уровней скорости прокатки для различных модулей обеспечивали путем установки шайб с овальными калибрами в третий и девятый модули, а для круглых калибров – в четвертый и десятый модули. Измерения размеров образцов до и после прокатки выполняли штангенциркулем с классом точности 0,05 мм. Измерения размеров каждого образца выполняли в трех точках: передняя часть, середина и задняя часть.

Изначально для каждого овального и круглого калибра чистового блока, используемого для производства катанки  $\varnothing 5,5$  мм, был спланирован двухфакторный эксперимент. В качестве факторов выбрали наиболее значимые технологические параметры прокатки, влияющие на уширение: коэффициент высотной деформации  $1,03 \leq m_1 = \frac{h_0}{h_1} \leq 2,173$ ; параметр линейной скорости вращения валков – отношение скорости вращения валков в данном модуле к скорости  $V_{n-10} = 100$  м/с (номинальной скорости вращения валков чистового модуля блока)  $0,0032 \leq m_2 = \frac{V_{ai}}{V_{n-10}} \leq 0,0151$ .

Однако анализ полученных зависимостей показал, что скорость в исследуемом диапазоне не оказывает влияния на параметры деформации при прокатке овальных полос в круглых калибрах и круглых полос в овальных калибрах. При этом, формулы для расчета коэффициента уширения при прокатке в каждом отдельно взятом калибре чистового блока, учитывающие только обжатие в этом калибре, не удовлетворяют требуемой точности. Поэтому было решено получить обобщенные зависимости для расчета коэффициента уширения при прокатке в овальных и круглых калибрах чистового блока в зависимости от основных параметров формы заготовки и калибра.

Для получения обобщенных формул для расчета коэффициента уширения все экспериментальные

данные были сгруппированы в две таблицы, отличающиеся по форме калибра. Данные каждой таблицы обрабатывали в программном пакете Statistica. Таблица исходных данных для анализа процесса прокатки круглой полосы в овальном калибре содержала 380 точек, а таблица исходных данных для анализа процесса прокатки овальной полосы в круглом калибре – 320 точек.

Статистический анализ таблиц исходных данных показал, что при расчете коэффициента уширения полосы при прокатке в обоих типах калибров наиболее значимыми являются следующие параметры:

Круг в овальном калибре	Овал в круглом калибре
$1,030 \leq m_1 = \frac{h_0}{h_1} \leq 2,173$	$1,375 \leq m_1 = \frac{h_0}{h_1} \leq 1,964$
$12,065 \leq m_2 = \frac{D_a}{h_1} \leq 55,339$	$13,960 \leq m_2 = \frac{D_a}{h_1} \leq 48,506$
$1,152 \leq m_3 = \frac{B_k}{b_0} \leq 1,532$	$1,157 \leq m_3 = \frac{B_k}{b_0} \leq 1,474$

Для определения независимых параметров используют следующие размеры калибра и заготовки:  $h_0$  – максимальная высота заготовки;  $h_1$  – максимальная высота полосы после прокатки;  $D_a$  – диаметр валков по буртам;  $B_k$  – ширина калибра;  $b_0$  – максимальная ширина заготовки.

**Результаты исследований.** Результаты обработки экспериментальных данных при помощи инструмента множественная регрессия пакета Statistica для овального калибра приведены в таблице 1. Как следует из полученных данных, между факторами эксперимента и коэффициентом уширения наблюдается довольно тесная связь – коэффициент множественной корреляции превышает 0,7. При этом относительный диаметр валков является наиболее значимым – для него коэффициент корреляции составляет 0,72. Корреляция для коэффициента высотной деформации составляет 0,65, а для относительной ширины – 0,46. График Парето (рис. 1) также показывает, что параметр относительной ширины является незначимым при расчете коэффициента уширения. Однако при отбрасывании этого параметра падает коэффициент множественной корреляции.

Таблица 1 – Значения коэффициентов корреляции между независимыми параметрами и коэффициентом уширения при прокатке круглых полос в овальных калибрах

	$\beta$
$m_1 = \frac{h_0}{h_1}$	0,647501
$m_2 = \frac{D_a}{h_1}$	0,718116
$m_3 = \frac{B_k}{b_0}$	0,457585
$\beta$	1,000000

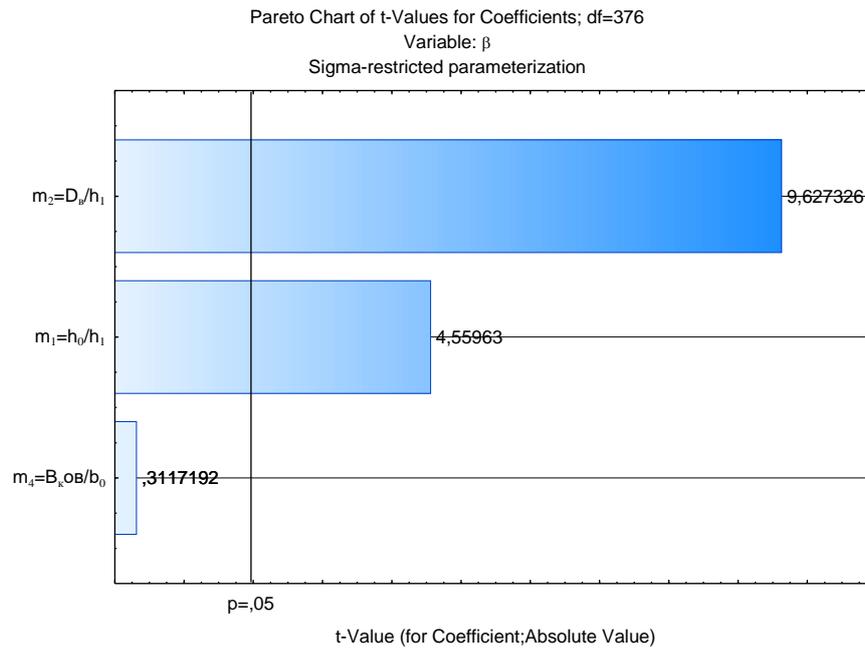


Рис. 1 – График Парето для коэффициента уширения при прокатке круглых полос в овальных калибрах (значимость параметров и степень их влияния на коэффициент уширения)

Поэтому окончательно обобщенная формула для расчета коэффициента уширения при прокатке круглых полос в овальных калибрах высокоскоростного чистового проволочного блока будет иметь вид:

$$\beta = 0,943 + 0,113 \cdot \frac{h_0}{h_1} + 0,004 \cdot \frac{D_g}{h_1} + 0,014 \cdot \frac{B_k}{b_0}.$$

Аналогичным образом при помощи инструмента множественная регрессия пакета Statistica были получены результаты для случая прокатки овальной полосы в круглом калибре (табл. 2). Анализ показывает, что коэффициент множественной корреляции превышает 0,63. Наибольшая корреляция наблюдается между коэффициентами высотной деформации и

уширением. Коэффициент корреляции равен 0,57. Корреляция между коэффициентом уширения и относительным диаметром валков составляет 0,44, а между коэффициентом уширения и относительной шириной полосы – 0,2. График Парето (рис. 2) показывает, что параметр относительной ширины является значимым при расчете коэффициента уширения.

Поэтому окончательно обобщенная формула для расчета коэффициента уширения при прокатке круглых полос в овальных калибрах высокоскоростного чистового проволочного блока будет иметь вид:

$$\beta = 1,134 + 0,493 \cdot \frac{h_0}{h_1} + 0,006 \cdot \frac{D_g}{h_1} - 0,584 \cdot \frac{B_k}{b_0}.$$

Таблица 2 – Значения коэффициентов корреляции между независимыми параметрами и коэффициентом уширения при прокатке овальных полос в круглых калибрах

	$\beta$
$m_1 = \frac{h_0}{h_1}$	0,566900
$m_2 = \frac{D_g}{h_1}$	0,442867
$m_3 = \frac{B_k}{b_0}$	0,200046
$\beta$	1,000000

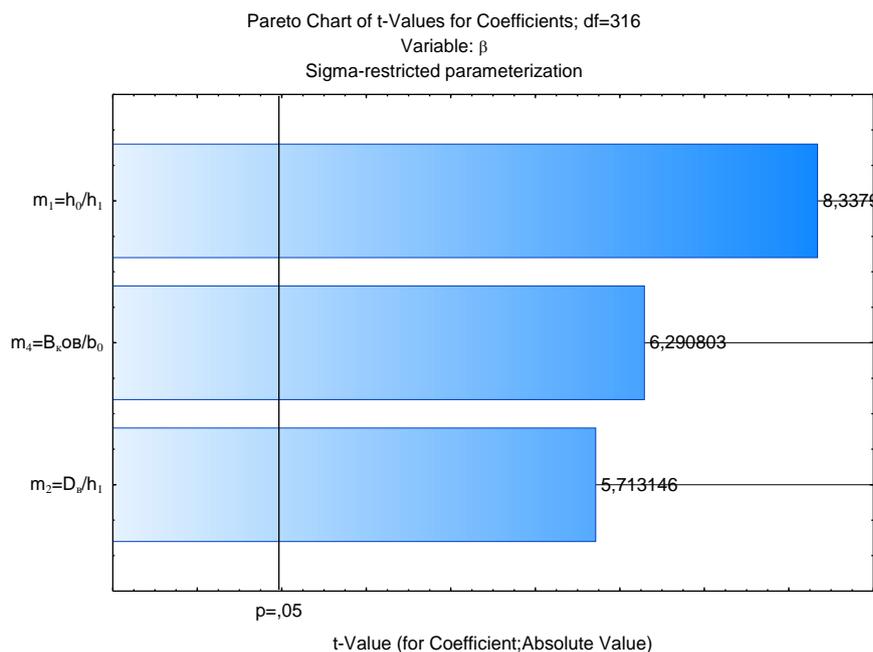


Рис. 2 – График Парето для коэффициента уширения (значимость параметров и степень их влияния на коэффициент уширения) при прокатке овальных полос в круглых калибрах

В рамках работы был выполнен детальный анализ влияния температуры металла перед прокаткой на коэффициент уширения при прокатке в калибрах системы «овал – круг» в условиях высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепропетровский меткомбинат».

Установлено, что при прокатке в первом овальном калибре зависимость между уширением и температурой не наблюдается (рис. 3).

Статистическая обработка полученных данных свидетельствует о том, что распределение значений

температуры не соответствует нормальному закону (рис. 4). Получен довольно широкий диапазон изменения температуры: от 881°C до 1029°C. При среднем значении 943°C, среднеквадратичное отклонение составило 38°C. Но несмотря на это, для коэффициента уширения получено распределение близкое к нормальному (рис. 5) при среднеквадратичном отклонении всего 0,0079. Это свидетельствует об отсутствии влияния температуры на коэффициент уширения при прокатке в первом овальном калибре.

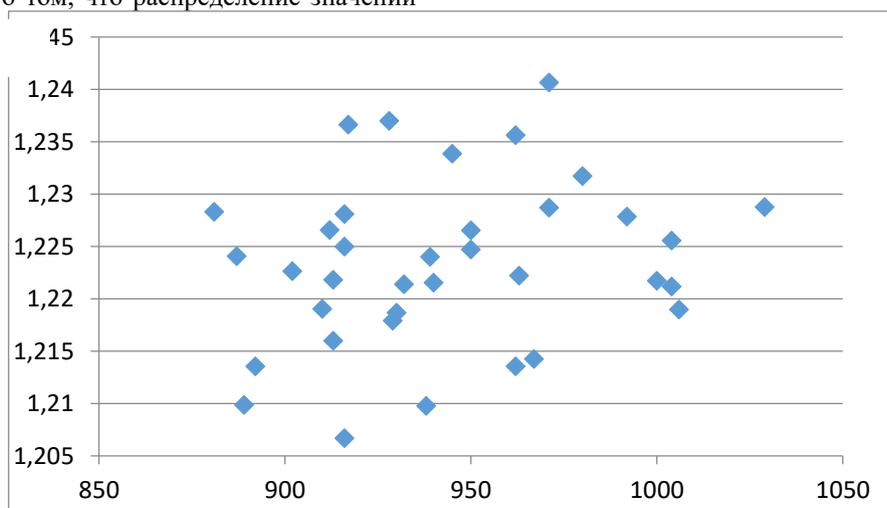


Рис. 3 – Зависимость коэффициента уширения от температуры начала проката

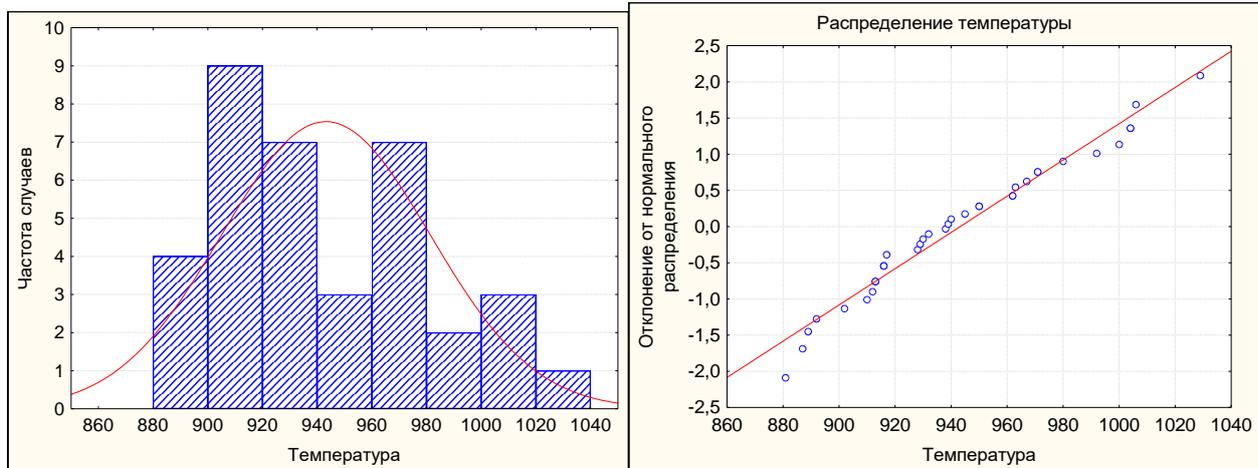


Рис. 4 – Распределение значений температуры металла перед прокаткой при прокатке в первом овальном калибре

Для последующих калибров получены аналогичные данные о влиянии температуры прокатки на коэффициент уширения. Как следует из рис. 6, взаимосвязь между коэффициентом уширения и температурой прокатываемой полосы перед прокаткой не прослеживается. Значения

коэффициентов уширения группируются в двух областях, которые соответствуют типу калибра (рис. 6): для овальных калибров №1 и №3 –  $1,25 \leq \beta \leq 1,35$ ; для круглых калибров №2 и №4 –  $1,17 \leq \beta \leq 1,22$ .

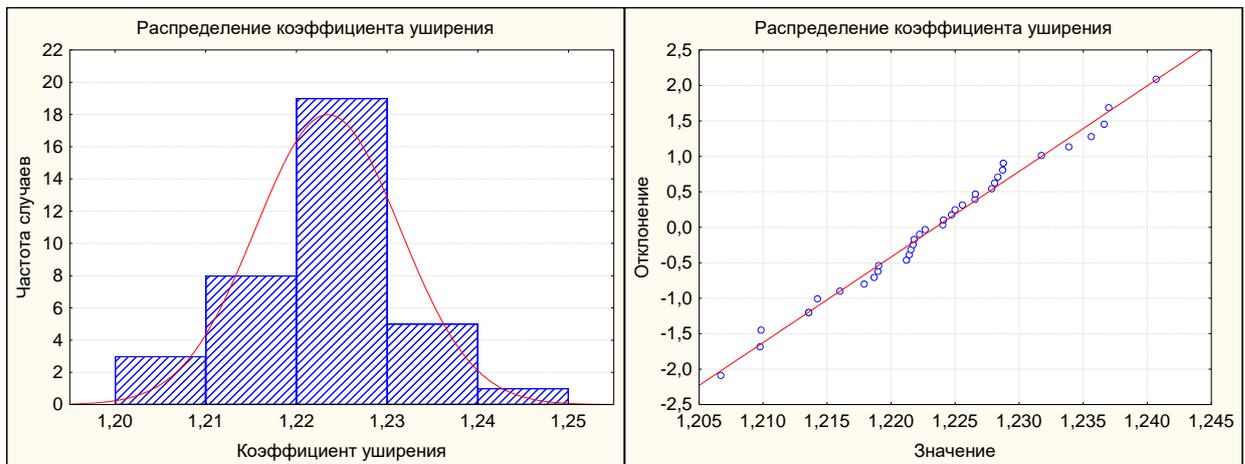


Рис. 5 – Распределение значений коэффициента уширения при прокатке в первом овальном калибре

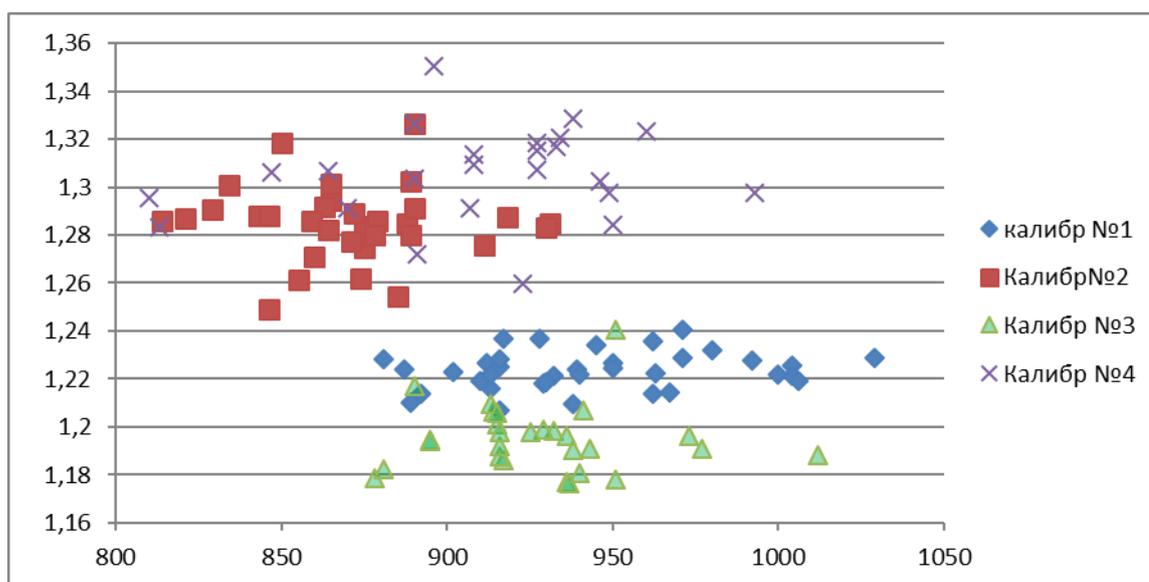


Рис. 6 – Зависимость коэффициента уширения от температуры металла перед прокаткой в первых четырех калибрах высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепропетровский меткомбинат»

**Выводы.** Проведенные экспериментальные исследования заполнения калибров при горячей прокатке в условиях высокоскоростного десятиклетьевого проволочного блока стана 400/200 ПАО «Днепропетровский меткомбинат» позволили получить обобщенные формулы для расчета коэффициента уширения при прокатке овальных полос в круглых калибрах и круглых полос в овальных калибрах.

Установлено отсутствие значимого влияния колебания температуры прокатки в пределах 200°С на коэффициент уширения при прокатке полос в системе калибров «овал – круг».

Результаты исследований можно использовать при разработке новых режимов настройки чистового проволочного блока стана 400/200 и при расчетах калибровок валков с использованием системы калибров «овал-круг».

#### Список литературы:

1. Илюкович Б.М. Прокатка и калибровка. / Б.М. Илюкович, Н.Е. Нехаев, С.Е. Меркурьев. // Справочник. – Днепропетровск: РИА «Днепр-ВАЛ», 2002. – 506 с.
2. Жез Л. Калибровка валков при прокатке железа и стали. / Л. Жез // Пер. с франц. – Л.: Техника и производство, 1929. – 327 с.
3. Зибель Э. Сопротивление деформации и истечение материала при прокатке. / Э. Зибель. – Stahl und Eisen. – 1910. – №51. – S. 1769-1775.
4. Бахтинов Б.П. Калибровка прокатных валков / Б.П.Бахтинов, М.М.Штернов. – М.: Металлургиздат, 1953. – 784 с.
5. Чекмарев А.П. Калибровка прокатных валков / А.П.Чекмарев, М.С. Мутьев, Р.А. Маишковцев. – М.: Металлургия, 1971. – 512 с.
6. Илюкович Б.М. Влияние формы первого формирующего калибра на коэффициенты вытяжки и уширения / Б.М. Илюкович, М.Н. Штода. // Тематичний збірник наукових праць

«Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні». – Краматорськ, 2002. – С. 366–370.

7. Еришов С.В. Особенности формоизменения металла при прокатке шпунтовой сваи в формирующем калибре с двусторонним обжатием замковых элементов / С.В. Еришов, С.Н. Мельник, В.В. Моспан [и др.] // Краматорск. – Обработка материалов давлением. – 2012. – № 1 (30) – С. 182–187. ISSN 2076-2151

8. Ремез О.А. Исследование влияния факторов прокатки на изменение ширины заготовки в очаге деформации / О.А. Ремез, К.С. Калинин, М.Е. Сабарня [и др.] // Краматорск. – Обработка материалов давлением. – № 3 (28). – 2011. – С. 159–163.

9. Еришов С.В. Исследование деформированного состояния металла при прокатке швеллера в развернутом калибре // С.В. Еришов, С.Н. Мельник, Е.А. Кравченко. // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – № 48 (1167). – С. 5-11.

#### References (transliterated):

1. Iljukovich B.M., Nehaev N.E., Merkur'ev S.E. *Prokatka i kalibrovka* [Rolling and roll pass design]. [Spravochnik]. Dnepropetrovsk, RIA «Dnepr-VAL» Publ., 2002. 506 p.
2. Zhez L. *Kalibrovka valkov pri prokatke zheleza i stali* [Roll pass design during rolling iron and steel]. [Per. s frants]. Leningrad. Tehnika i proizvodstvo, Publ., 1929. 327 p.
3. Zibel' Je. *Soprotivlenie deformacii i istechenie materiala pri prokatke* [Strength strain and flowing of the material during rolling]. Stahl und Eisen. 1910. – No. 51. pp. 1769–1775.
4. Bahtinov B.P., Shternov M.M. *Kalibrovka prokatnykh valkov* [Roll pass design]. – Moscow. Metallurgizdat Publ., 1953. 784 p.
5. Chekmarev A.P., Mut'ev M.S., Mashkovcev R.A. *Kalibrovka prokatnykh valkov* [Roll pass design]. Moscow. Metallurgija Publ., 1971. 512 p.
6. Iljukovich B.M., Shtoda M.N. *Vlianie formy pervogo formirujushhego kalibra na koefitsienty vytyazhki i ushirenija* [Influence of form of first forming gauge on reduction and coefficient spreading]. Tematychnyj zbirnyk naukovykh prac' «Udoskonalennya procesiv i obladnannya obrobky ty'skom v metalurgiyi i mashynobuduvanni». Kramatorsk, 2002. pp. 366–370.
7. Ershov S.V., Mel'nik S.N., Mospan V.V., Gavrilin S.Yu., Dudka R.M. *Osobennosti formoizmeneniya metalla pri prokatke shpuntovoj svai v formirujushhem kalibre s dvustoronnim obzhatiem*

zakmovykh jelementov [Characteristics of metal forming at rolling of encased pile in forming gauge with double-sided reduction of lock elements]. Kramatorsk. Obrabotka materialov davleniem. 2012. no. 1 (30) pp. 182–187. ISSN 2076-2151

8. Remez O.A., Kalinkina K.S., Sabarnja M.E., Samsonenko A.A. *Issledovanie vlijaniya faktorov prokatki na izmenenie shiriny zagotovki v ochage deformacii* [Research of influence factors of

rolling on width of bar change in zone of deformation]. Kramatorsk. Obrabotka materialov davleniem. No. 3 (28). 2011. pp. 159–163.

9. Ershov S.V., Mel'nik S.N., Kravchenko E.A. *Issledovanie deformirovannogo sostojanija metalla pri prokatke shveller v razvernutom kalibre* [Research of state strain of metal at rolling of channel in unrolled caliber]. Visnyk NTU "KhPI" [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2015, No. 48 (1167), pp. 5–11.

Поступила (received) 10.11.2016

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Уширение при прокатке в калибрах вытяжной системы «овал – круг» / М.Н. Штода, С.В. Ершов, К.Г. Геймур, В.М. Самохвал, С.Ю. Гаврилин** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 30(1202). – С. 79–87. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2519-2671

**Розширення при прокатці в калібрах витяжної системи «овал – круг» / М.М. Штода, С.В. Ершов, К.Г. Геймур, В.М. Самохвал, С.Ю. Гаврилін** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 30(1202). – С. 79–87. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2519-2671

**Spreading at rolling in calibers elongated system «oval – round» / M.N. Shtoda, S.V. Ershov, K.G. Heimur, V.M. Samokhval, S.Yu. Havrylin** // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 30 (1202). – P. 79–87. – Bibliogr.: 9 – ISSN 2519-2671

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Штода Максим Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, Днепропетровский государственный технический университет, доцент кафедры ОМД им. Б.М. Илюковича, г. Каменское; тел.: (099) 779-56-26; e-mail: maksshtoda@gmail.com.

**Штода Максим Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський державний технічний університет, доцент кафедри ОМТ ім. Б.М. Ілюковича, м. Кам'янське; тел.: (099) 779-56-26; e-mail: maksshtoda@gmail.com.

**Shtoda Maksim Nikolayevych** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Dniprovsk State Technical University, Associate Professor at the Department of Metal Forming, Kamianske; tel.: (099) 779-56-26; e-mail: maksshtoda@gmail.com.

**Ершов Сергей Владимирович** – доктор технических наук, профессор, Днепропетровский государственный технический университет, заведующий кафедры ОМТ им. Б.М. Илюковича, г. Каменское; тел.: (067) 631-82-76; e-mail: sv.yershov@gmail.com.

**Ершов Сергій Володимирович** – доктор технічних наук, професор, Дніпровський державний технічний університет, завідувач кафедри ОМТ ім. Б.М. Ілюковича, м. Кам'янське; тел.: (067) 631-82-76; e-mail: sv.yershov@gmail.com.

**Yershov Sergey Vladimirovich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Dniprovsk State Technical University, Head of Department of Metal Forming, Kamianske; tel.: (099) 779-56-26; e-mail: maksshtoda@gmail.com.

**Геймур Константин Георгиевич** – заместитель начальника прокатного цеха – начальник сортопрокатного стана, ПАО «Днепропетровский меткомбинат», г. Каменское; тел.: (067) 637-68-26

**Геймур Костянтин Георгійович** – заступник начальника прокатного цеху – начальник сортопрокатного стану, ПАТ «Дніпровський меткомбінат», м. Кам'янське; тел.: (067) 637-68-26

**Heimur Konstantin Georgievich** – Deputy Chief of Rolling Shop – Head of Section-rolling Mill, PJSC «Dniprovsky Integrated Iron&Steel Works», Kamianske; tel.: (067) 637-68-26

**Самохвал Владимир Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, Днепропетровский государственный технический университет, доцент кафедры ОМД им. Б.М. Илюковича, г. Каменское; тел.: (063) 292-31-42; e-mail: volsamokhval@gmail.com.

**Самохвал Володимир Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський державний технічний університет, доцент кафедри ОМТ ім. Б.М. Ілюковича, м. Кам'янське; тел.: (063) 292-31-42; e-mail: volsamokhval@gmail.com.

**Samokhval Vladimir Mikhailovich** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Dniprovsk State Technical University, Associate Professor at the Department of Metal Forming, Kamianske; tel.: (063) 292-31-42; e-mail: volsamokhval@gmail.com.

**Гаврилін Сергій Юрьевич** – Днепроvский государственный технический университет, ассистент кафедры ОМД им. Б.М. Илюковича, г. Каменское; тел.: (067) 603-91-93; e-mail: sgavrilyn@gmail.com.

**Гаврилін Сергій Юрійович** – Дніпровський державний технічний університет, асистент кафедри ОМТ ім. Б.М. Ілюковича, м. Кам'янське; тел.: (067) 603-91-93; e-mail: sgavrilyn@gmail.com.

**Havrylin Serhii Yuriovich** – Dniprovsk State Technical University, Lecturer at the Department of Metal Forming, Kamianske; tel.: (067) 603-91-93; e-mail: sgavrilyn@gmail.com.