

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ КАЛИБРОВ РАСКАТНОГО СТАНА НА ТОЧНОСТЬ ПРОФИЛЯ ЧЕРНОВОЙ ТРУБЫ

Радькин Я.И., Бобарикин Ю.Л.

УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Произведено исследование влияния геометрических параметров калибров непрерывного трёхвалкового раскатного стана на точность профиля получаемых черновых труб. При помощи численного моделирования методом конечных элементов определены геометрические параметры сечений заготовки в процессе раскатки в очагах деформации каждой клетки раскатного стана. Определены относительные отклонения диаметра и толщины стенки черновой трубы при различных калибровках прокатных валков. Разработана калибровка прокатных валков раскатного стана позволяющая повысить точность профиля получаемой черновой трубы.

Ключевые слова: бесшовные трубы, непрерывная раскатка, калибры прокатных валков, точность трубного профиля.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF REELING MILL'S CALIBERS ON THE ACCURACY OF THE PROFILE OF A ROUGH TUBE

Radkin Ya., Bobarikin Yu.

Sukhoi State Technical University of Gomel,
Gomel, Republic of Belarus

The research of the influence of geometrical parameters of the calibers of a continuous three roll reeling mill on the accuracy of the profile of obtained rough tubes was carried out. Geometrical parameters of the sections of a billet during the elongating process in deformation zones of each stand of the reeling mill are determined by means of numerical simulation using finite element method. Relative deviations of the diameter and the thickness of the wall of the rough tube for various grooving of mill rolls are determined. The grooving of mill rolls of the reeling mill, which allows to increase the accuracy of the profile of the obtained rough tube, has been developed.

Keywords: seamless pipes, continuous elongating process, calibers of mill rolls, accuracy of a tube profile.

E-mail: yradkin@gmail.com

Введение

Одним из приоритетных направлений современной трубной промышленности является повышение точности геометрических параметров трубных профилей. Поэтому перспективными являются исследования и разработки, направленные на усовершенствование технологии прокатки бесшовных труб, позволяющие повысить точность геометрических параметров горячедеформированных бесшовных труб.

В мировой практике широкое распространение получили трубопрокатные агрегаты с непрерывными станами продольной прокатки. Технология состоит из нескольких этапов и включает в себя ряд операций: получение полой заготовки на прошивном стане, получение черновой трубы продольной прокаткой на непрерывном раскатном стане, прокатка черновой трубы на редуционно-растяжном стане для получения окончательного трубного профиля, холодная или теплая правка для повышения прямолинейности трубы.

Важным этапом является получение черновой трубы на непрерывном стане, так как именно в процессе раскатки закладываются основные свойства, которые влияют на качество готовой продукции. Формирование толщины стенки и геометрии профиля черновой трубы в калибрах раскатного стана определяет характер разностенности и отклонений геометрических параметров профиля готовой трубы от заданных.

При непрерывной раскатке деформация стенки трубы происходит между валками прокатных клетей и оправкой, которая движется в направлении прокатки с заданной скоростью. В современной практике с целью повышения равномерности обжатия заготовки наибольшее распространение получили клетки с тремя валками.

Профиль калибров валков раскатного стана оказывает значительное влияние на распределение напряжений, возникающих в металле в процессе деформации, и формирование правильной геометрии получаемой черновой трубы.

Цель работы: Определение геометрии калибров прокатных валков трёхвалкового непрерывного раскатного стана, которая позволит уменьшить отклонение геометрии сечения черновой трубы от заданного профиля.

Методы и исходные данные для исследования

Для определения влияния геометрических параметров калибровки прокатных валков на точность раската был выбран метод численного моделирования, основанный на методе конечных элементов. Данный метод позволяет проводить достаточно точный анализ и получать достоверные результаты по напряжено-деформированному и тепловому состояниям заготовки в процессе обработки материала, даёт возможность получать численные значения напряжений, деформаций, силовых параметров процесса, а также позволяет визуализировать результаты, что крайне необходимо для оценки точности геометрии трубного профиля.

Для исследования влияния формы калибров на точность получаемого профиля была использована адекватная численная модель процесса раскатки черновых труб на непрерывном трёхвалковом раскатном стане [1].

Исследования проводились на базе трубного профиля 168,3×4,5 мм из стали 20. Исходные данные для численного моделирования представлены в табл. 1–2.

Табл. 1

Таблица прокатки производства профиля 168,3×4,5 мм

Размер трубы	Материал заготовки	Прошивной стан		Раскатной стан			Стан извлекатель		Редуционный стан	
		D, мм	S, мм	D, мм	S, мм	D _{опр.} , мм	D, мм	S, мм	D, мм	S, мм
168,3×4,5	сталь 20	215	13,8	184,3	4,38	175,4	175	4,48	170	4,55

Табл. 2

Настроечные параметры раскатного стана для производства профиля 168,3×4,5 мм

Температура заготовки, °С	Вид трения (полусухой)		Скоростной режим прокатки					
	Коэффициент трения заготовка/оправка	Коэффициент трения заготовка/валки	Скорость оправки, м/с.	Клеть 1 об/мин.	Клеть 2 об/мин.	Клеть 3 об/мин.	Клеть 4 об/мин.	Клеть 5 об/мин.
1080	0,18	0,32	2,3	38,25	55,95	82,06	95,48	96,94

При построении модели был принят ряд допущений:

– коэффициент трения по всей поверхности прокатного инструмента принимается постоянным;

– материалы валков и раскатной оправки абсолютно жёсткие;

– перед раскаткой заготовка имеет одинаковую температуру в каждой точке.

При прокатке черновых труб на непрерывных раскатных станах чаще всего применяются круглые и овальные калибры, в некоторых случаях используют шестигранные либо зональные типы калибров.

Овальные и круглые калибры, применяемые в трёхвалковых клетях раскатных станов, характеризуются следующими геометрическими параметрами (рис. 1) [2].

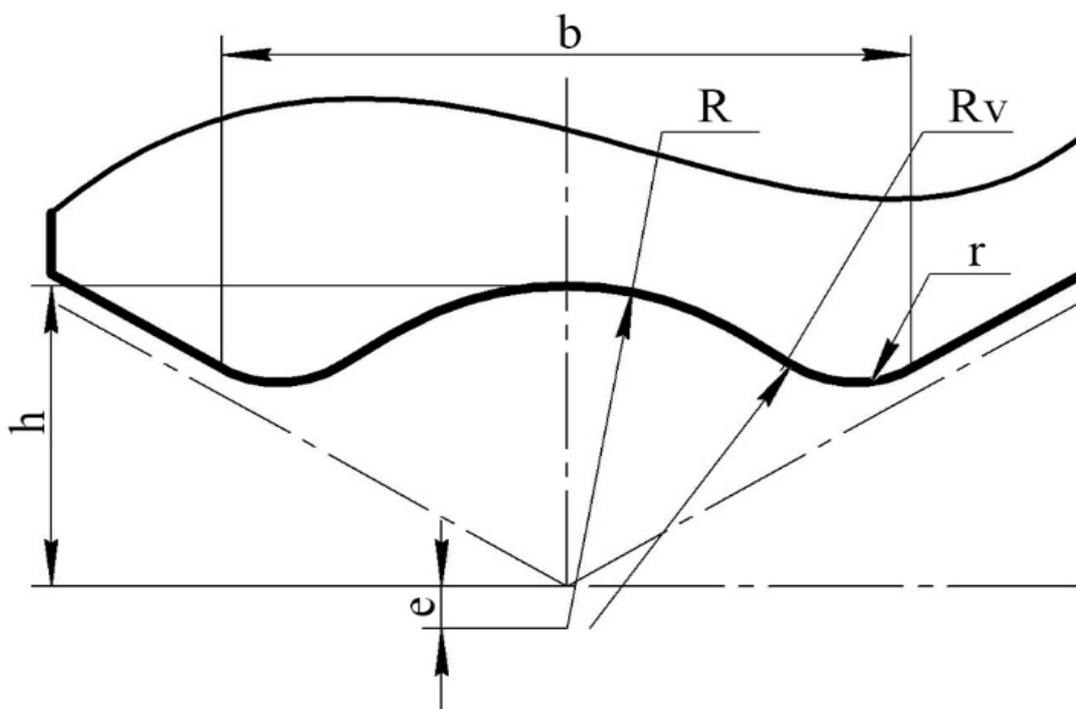


Рис. 1. Схема калибра раскатного стана: R – радиус калибра; R_v – радиус которым ограничен выпуск калибра; r – радиус закругления калибра; h – высота калибра; b – ширина калибра; e – эксцентриситет калибра

В качестве базовой калибровки была принята нарезка валков, применяемая для прокатки трубного профиля 168,3×4,5 мм на предприятии (табл. 3)

Табл. 3

**Геометрические параметры базовой калибровки для
производства трубного профиля 168,3×4,5 мм из стали 20**

Номер клетки	Форма калибра	Геометрические параметры калибра					
		R , мм	R_v , мм	r , мм	h , мм	b , мм	e , мм
1	овал	110,1	191,54	8	103,2	165	6,9
2	овал	98,9	296,2	35,6	96,9	170,4	2,95
3	овал	94,5	315,5	26,8	84,5	166,6	2
4	круг	92	230	23,7	92	169	0
5	круг	92	230	23,7	92	169	0

Альтернативой вышепредставленной калибровке предлагается разработанная система калибров (табл. 4).

Табл. 4

**Геометрические параметры разработанной калибровки для
производства трубного профиля 168,3×4,5 мм из стали 20**

Номер клетки	Форма калибра	Геометрические параметры калибра					
		R , мм	R_v , мм	r , мм	h , мм	b , мм	e , мм
1	круг	96,5	195,3	17,817	96,5	165	0
2	овал	96,5	289,5	35,634	96,1	170,4	2,8
3	овал	94,1	310,5	26,823	92,1	166,6	1,8
4	круг	92	230	12,671	92	169	0
5	круг	92	230	12,671	92	169	0

Результаты исследования

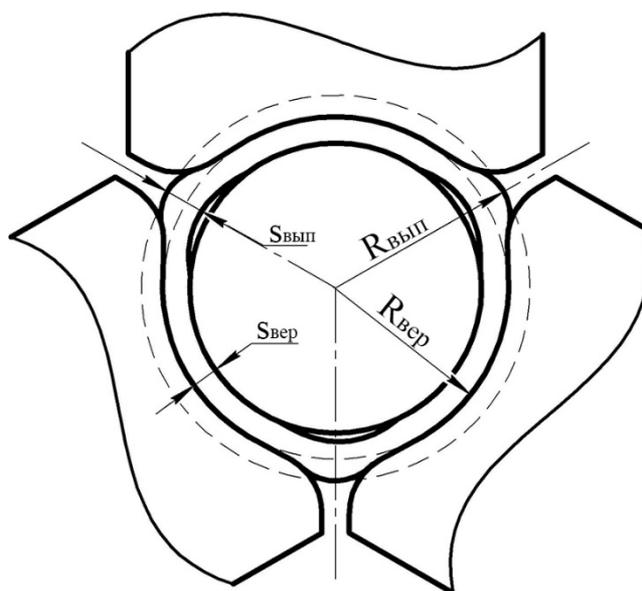


Рис. 2. Схема оценки геометрических параметров калибра

Оценка точности геометрии производилась по следующим параметрам: отношение радиуса заготовки по выпуску из калибра к радиусу по вершине ($R_{\text{вып}}/R_{\text{вер}}$), отношение толщины стенки на выпуске из калибров к толщине стенки по вершине калибра ($s_{\text{вып}}/s_{\text{вер}}$), рис. 2. Для обеспечения точного профиля отношения $R_{\text{вып}}/R_{\text{вер}}$ и $s_{\text{вып}}/s_{\text{вер}}$ должны стремиться к 1.

Результаты исследования представлены в виде проекций заготовки в поперечных сечениях очага деформации клеток раскатного стана (рис. 3–7).

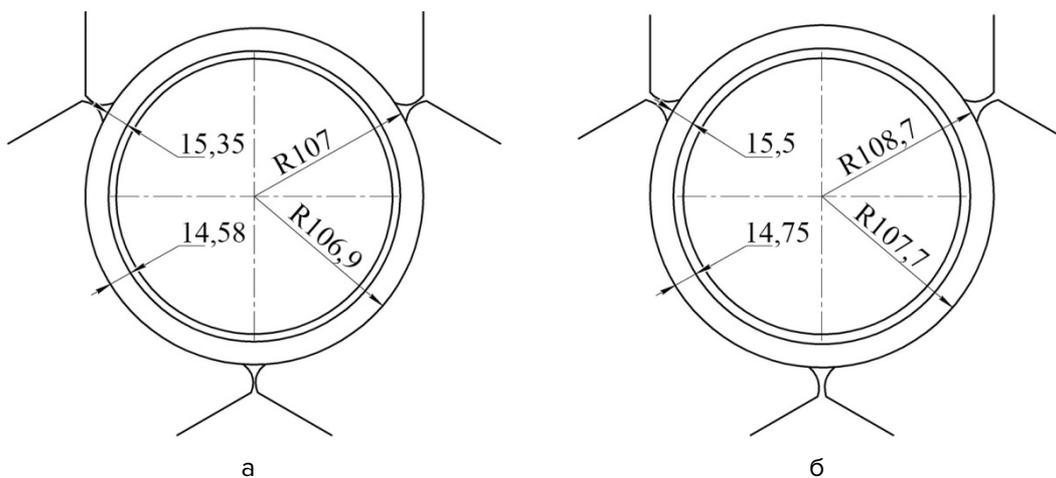


Рис. 3. Геометрия черновой трубы в поперечном сечении очага деформации клетки 1:
а – базовая калибровка; б – разработанная калибровка

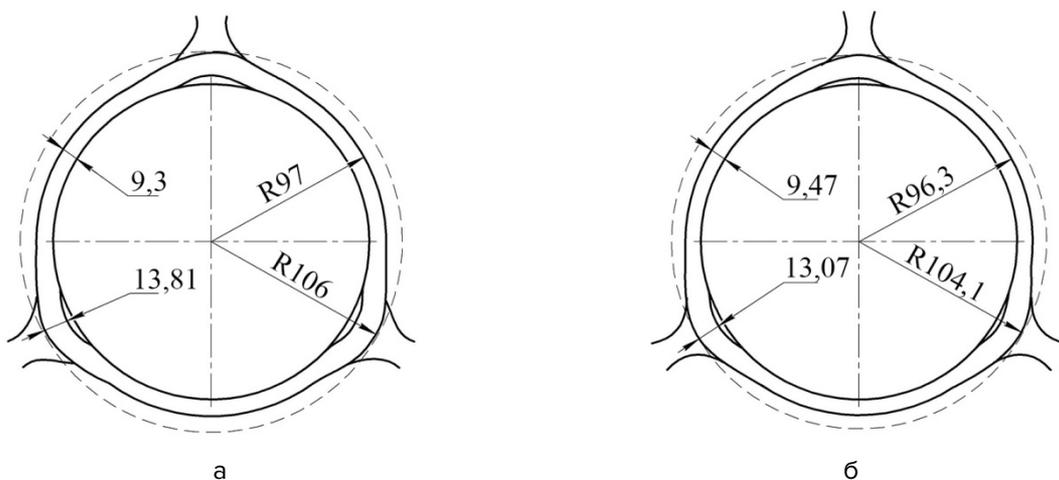


Рис. 4. Геометрия черновой трубы в поперечном сечении очага деформации клетки 2:
а – базовая калибровка; б – разработанная калибровка

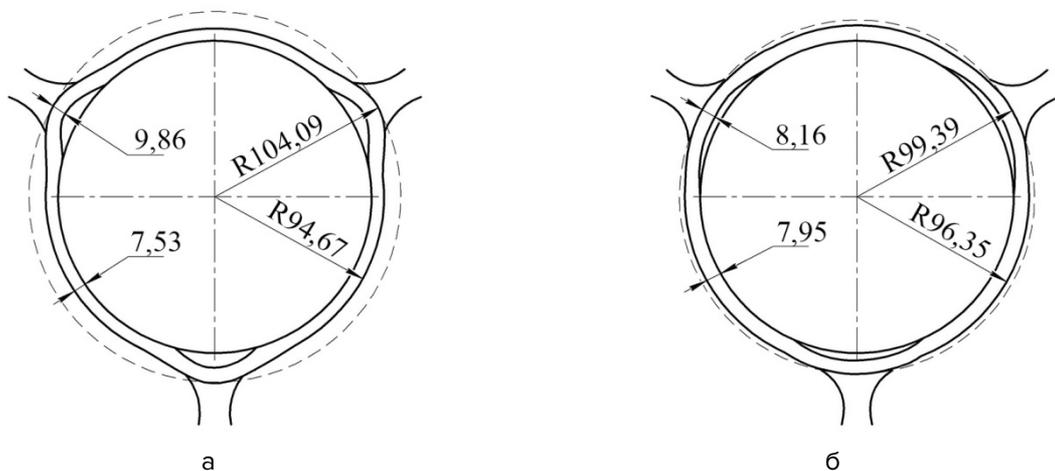


Рис. 5. Геометрия черновой трубы в поперечном сечении очага деформации клетки 3:
а – базовая калибровка; б – разработанная калибровка

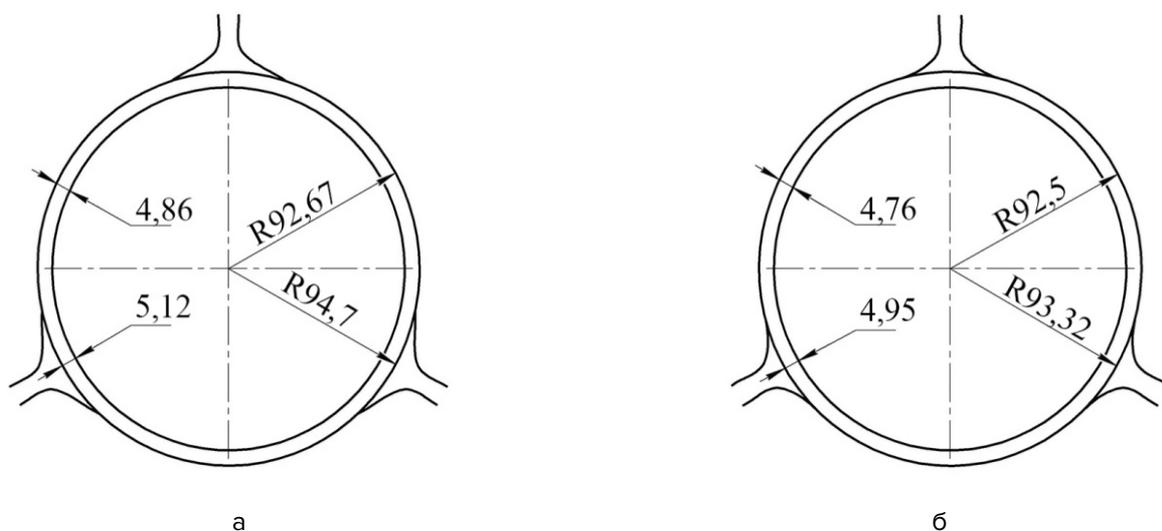


Рис. 6. Геометрия черновой трубы в поперечном сечении очага деформации клетки 4:
 а – базовая калибровка; б – разработанная калибровка

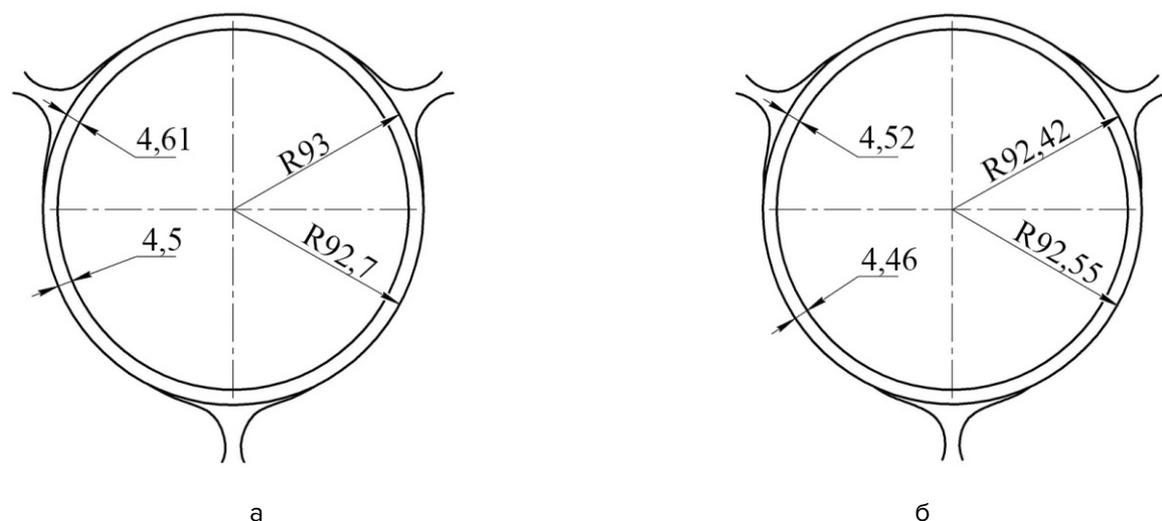


Рис. 7. Геометрия черновой трубы в поперечном сечении очага деформации клетки 5:
 а – базовая калибровка; б – разработанная калибровка

Анализируя геометрические параметры заготовки в процессе раскатки, можно отметить, что при получении профиля на базовой калибровке в клетях были увеличенные выпуски, это свидетельствует о неправильном распределении и движении металла в очаге деформации, т.к. наблюдается переполнение калибров. Применение разработанной калибровки позволяет повысить точность получаемого профиля черновой трубы, что скажется на качестве получаемого конечного профиля. Кроме того, разработанная калибровка позволяет уменьшить нагрузку, действующую на клетки, и повысить стойкость контактной поверхности прокатных валков [3].

В табл. 5 представлены результаты анализа отклонения профиля от заданного.

Наибольшее отклонение от формы присутствует в клетях 2 и 3, это связано с образованием выпусков. Увеличение выпусков может привести к образованию неравномерности напряжений по сечению заготовки и появлению дефектов на поверхности черновой трубы.

Табл. 5

Относительные отклонения формы трубного профиля %

	Номер клетки									
	1		2		3		4		5	
	базов.	расч.	базов.	расч.	базов.	расч.	базов.	расч.	базов.	расч.
$R_{\text{вып}}/R_{\text{вер}}$	~1	~1	1,09	1,08	1,099	1,03	1,02	1,008	~1	~1
$s_{\text{вып}}/s_{\text{вер}}$	1,05	1,06	1,48	1,38	1,3	1,02	1,02	1,03	1,02	1,01
Относительное отклонение формы, %	1	0,8	7,6	7,3	9,05	3,03	0,1	0,05	0,1	0,1

Заключение

В результате работы определено влияние геометрии калибров непрерывного раскатного стана на точность профиля получаемой черновой трубы.

Определены отклонения геометрии сечения черновой трубы при производстве трубного профиля 168,3×4,5 мм из стали 20 при различной калибровке прокатных валков.

Предложена калибровка прокатного инструмента для получения трубного профиля 168,3×4,5 мм, позволяющая получать черновую трубу с минимальными отклонениями размера сечения от заданных параметров. Калибровка обеспечивает более равномерное заполнение калибров и снижение сопротивления течения металла в процессе деформации, что должно привести к снижению нагрузок на прокатный инструмент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобарикин, Ю.Л. Адекватная численная модель процесса раскатки гильз на трёхваковом непрерывном стане и выбор метода оценки износа инструмента / Ю.Л. Бобарикин, Я.И. Радькин // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 3. Обработка металлов давлением / редколлегия: С.А. Астапчик (гл.ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2016. – 95 с.
2. Матвеев, Ю.М. Калибровка инструмента трубных станов / Ю.М. Матвеев, Я.Л. Ваткин. – Изд. 2-е., Изв-во «Металлургия», 1970. – 480 с.
3. Бобарикин, Ю.Л. Исследование влияния калибровки прокатных валков раскатного трубного стана на износ раскатной оправки / Ю.Л. Бобарикин, Я.И. Радькин // Литье и металлургия. 2018;(4):65–69.

REFERENCES

1. Bobarikin YU.L., Rad'kin YA.I – Adekvatnaya chislennaya model' processa raskatki gil'z na tryohvakovom nepreryvnom stane i vybor metoda ocenki iznosa instrumenta [Adequate numerical model of the shell elongating process on a three roll continuous mill and the selection of the method of the estimation of tool wear] Sovremennyye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov: XI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya (Minsk, September 14–16, 2016) – Minsk: PHTI NAS of Belarus, 2016;iss 3(3), pp.95. (in Russian)
2. Matveev YU.M., Vatkin YA.L. Kalibrovka instrumenta trubnyh stanov [Colibration of the instrument of tube rolling mills]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1970, pp. 480. (in Russian)
3. Bobarikin Y.L., Radkin Y.I. Issledovanie vliyaniya kalibrovki prokatnyh valkov raskatnogo trubnogo stana na iznos raskatnoj opravki [Research on the effect of the grooving of mill rolls of the reeling tube mill on the wear of the elongating mandrel]. Litiya i Metallurgiya (FOUNDRY PRODUCTION AND METALLURGY). 2018;(4):65–69. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 29.04.2019