

## Литература

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Том II. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва. Физматлит, 2006. – 536 с.
2. Биленький, С.М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия / С. М. Биленький. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 327 с.
3. Хелзен, Ф. Лептоны и кварки: введение в физику частиц / Ф. Хелзен, А. Мартин. – Москва: Мир, 1987. – 456 с.
4. Borodulin, V.I. CoRe: COmpendium of RELations: Version 2.1 / V.I. Borodulin, R.N. Rogalyov, S.R. Slabospitsky // CORE [Electronic resource]. Mode of access: <http://arxiv.org/pdf/hep-ph/9507456v1.pdf> 05.03.2015.

**Н.В. Старков** (УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», Гомель)

Науч. рук. **Ю.Л. Бобарикин**, канд. техн. наук, доцент

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ И ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ В НДУ ДЛЯ ПРОКАТКИ АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ СЛИТТИНГ-ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ

Технология прокатки – разделения в настоящее время получила особенно широкое развитие при производстве арматурного проката мелких сечений [1–2].

Наиболее эффективным способом прокатки арматурных профилей, который позволяет уменьшить энергетические затраты и повысить производительность прокатного стана является *слиттинг-процесс* (рисунок 1).

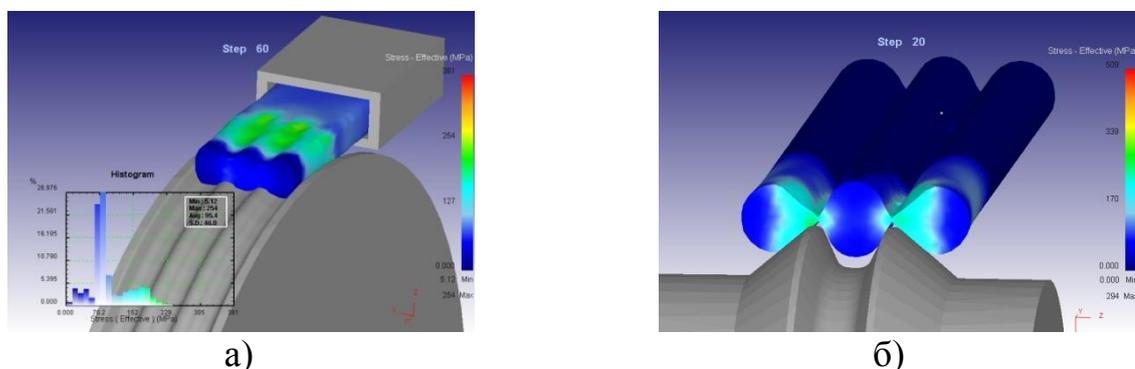


Рисунок 1 – Численная модель трехлинейного слиттинг-процесса прокатки арматурного профиля №14: а) формоизменение в первом специальном калибре слиттинг-процесса; б) процесс разделения в роликах НДУ

*Слиттинг-процесс* состоит из двух операций: подготовка раската к разделению и само разделение. Подготовка раската к разделению происходит обычно за 3 прохода в *специальных (подготовительных) калибрах слиттинг-процесса* [3], формирующих перемычку для последующего разрыва.

Разделение происходит в неприводных делительных устройствах (НДУ). Рабочими элементами НДУ являются системы неприводных клиновидных делительных роликов (рисунок 2), оказывающих расклинивающее воздействие на многолинейный раскат. От правильно выбранной конфигурации рабочих частей роликов и согласованности с размерами входящего в НДУ раската зависит стабильность прокатки и качество получаемого в итоге арматурного профиля.



Рисунок 2 – Неприводные клиновидные делительные ролики НДУ

В различной литературе представлены сложные и не имеющие прикладной направленности расчеты приведенной выше своеобразной делительной системы.

На основании передового опыта прокатки арматуры в условиях непрерывного мелкосортного стана 320 ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» и численного моделирования была создана прикладная методика расчета калибровки валков специальных калибров слиттинг-процесса [3], а также методика расчета роликов НДУ (таблица 1).

Для шести схем разделения, указанных в таблице 1, разработаны зависимости для определения конфигурации и размеров профиля рабочих частей роликов. В таблице 2 представлены эмпирические зависимости для одной из шести разработанных схем разделения в НДУ (схема № 4).

Таблица 1 – Выбор схемы расположения и количества роликов НДУ в зависимости от количества линий прокатки

Количество линий прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом					
2	3	4	5	6	6
<b>Схема разделения в НДУ</b>					
Схема №1	Схема №2	Схема №3	Схема №4	Схема №5	Схема №6
<b>Схематичное изображение пар роликов</b>					
1-я пара	1-я пара	1-я пара 2-я пара	1-я пара 2-я пара	1-я пара 2-я пара	1-я пара 2-я пара 3-я пара

Таблица 2 – Зависимости для определения размеров рабочих частей роликов для схемы разделения № 4

Схема разделения в НДУ №4	
Тип ролика 3 (с двумя рабочими гребнями) Для 1-й пары роликов в НДУ	
Ширина ролика $B_p$ , мм	$3 \cdot B_{вр.сл} + 2 \cdot Ш_{сп} + 1,65 \cdot Ш_{кп}$
Расклинивающий угол $a_p$ , град	$3 \cdot A_2 + \frac{A_2}{3}$
Высота ролика $H_p$ , мм	$H_{вр.квл} \cdot (1,95 \dots 1,98)$
Радиус ролика $r_p$ , мм	$1,15 \cdot R_{сл}$
Радиус гребня ролика $r_{gp}$ , мм	$1,65 \dots 1,70$
Высота ролика внутренняя $H_{рв}$ , мм	$H_{вр.сл} \cdot (1,085 \dots 1,090)$
Внутренний угол ролика $b$ , град	$2 \cdot A_3$
Высота $H_1$ , мм	Определяется из построения
Зазор между роликами $S$ , мм	$2 \cdot H_1$
Тип ролика 2 (с двумя рабочими гребнями) Для 2-й пары роликов в НДУ	
Ширина ролика $B_p$ , мм	$B_{вр.сл} + 1,95 \cdot Ш_{сп}$
Расклинивающий угол $a_p$ , град	$3 \cdot A_2 + \frac{A_2}{3}$
Высота ролика $H_p$ , мм	$H_{вр.квл} \cdot (1,37 \dots 1,43)$
Радиус ролика $r_p$ , мм	$R_{сл} \cdot 10,4$
Радиус гребня ролика $r_{gp}$ , мм	$1,65 \dots 1,70$
Высота ролика внутренняя $H_{рв}$ , мм	$H_{вр.сл} \cdot (1,085 \dots 1,090)$
Внутренний угол ролика $b$ , град	$2 \cdot A_3$
Высота $H_1$ , мм	Определяется из построения
Зазор между роликами $S$ , мм	$2 \cdot H_1$
Величины $B_{вр.сл}$ , $Ш_{кп}$ , $A_2$ , $H_{вр.квл}$ , $R_{сл}$ , $H_{вр.сл}$ , $A_3$ , $Ш_{сп}$ – размеры 3-го специального калибра слиттинг-процесса	

## Литература

1. Процесс прокатки-разделения с использованием неприводных делительных устройств: теория и практика./ С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Н.В. Андрианов, В.А. Маточкин. – Украина-Беларусь, 2007. – 284 с.
2. Сборник научных трудов специалистов БМЗ / Минск:Тэналогія, 2009. – Т. 2. – 415 с.
3. Старков, Н.В. «Разработка методики расчета калибровки валков для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах» / Н.В. Старков // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIV МНТК студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апрель 2014 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. – С. 158–160.

**С.Ю. Минчук (УО «Военная академия РБ», Минск)**

Науч. рук. **А.Н. Мороз**, канд. техн. наук

### **СИНТЕЗ АЛГОРИТМА БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СТАРТОВОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ**

Введем необходимые системы координат (СК) (рисунок 1): инерциальную геоцентрическую СК  $O_{\hat{e}} X_{\hat{e}} Y_{\hat{e}} Z_{\hat{e}}$  (ИСК); геоцентрическую подвижную СК  $O_0 X_0 Y_0 Z_0$  (ПЗСК); земную нормальную систему координат  $O X_g Y_g Z_g$  (ГСК); стартовую СК  $O_{ст} X_{ст} Y_{ст} Z_{ст}$  (СтСК); связанную СК  $O_{св} X_{св} Y_{св} Z_{св}$  (ССК)).

Акселерометры измеряют кажущееся ускорение  $\mathbf{a}_{к,и}$  объекта

$$\mathbf{a}_{\hat{e},\hat{e}} = \mathbf{a}_{\hat{e}} - \mathbf{g}_{\hat{e}}(\mathbf{r}_{\hat{e}}), \quad (1)$$

где  $\mathbf{r}_{и}$  – радиус-вектор центра масс подвижного объекта;

$\mathbf{g}_{и}(\mathbf{r}_{и})$  – гравитационное ускорение;

$\mathbf{a}_{и}$  – ускорение тела в ИСК.

*Алгоритм координатного блока.* Связь между координатами в ПЗСК и ИСК определяется соотношением

$$\mathbf{r}_{и} = \mathbf{U}_{П}^И \mathbf{r}_{П} = \mathbf{U}_{ст}^И \mathbf{r}_{ст} + \mathbf{r}_{ст,и}, \quad (2)$$