



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

**Ю. Л. Бобарикин**

## **ТЕОРИЯ ПРОКАТКИ**

**ПРАКТИКУМ**

**по одноименной дисциплине  
для студентов специальности 1-42 01 01  
«Металлургическое производство  
и материалобработка (по направлениям)»,  
направления 1-42 01 01-02 «Металлургическое  
производство и материалобработка  
(материалобработка)», специализации  
1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2013

УДК 621.77(075.8)  
ББК 34.621я73  
Б72

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 27.11.2012 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Обработка материалов давлением» ГГТУ им. П. О. Сухого  
д-р техн. наук, проф. *М. Н. Верещагин*

**Бобарикин, Ю. Л.**  
Б72 Теория прокатки : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / Ю. Л. Бобарикин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 20 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

Содержатся основные теоретические сведения по процессу прокатки, а также задания для вычисления основных режимов прокатки по изложенной методике.

Для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)».

УДК 621.77(075.8)  
ББК 34.621я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2013

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОКАТКИ

#### Основные теоретические сведения

Для одного прохода продольной прокатки:

1. Угол прокатки, рад:

$$\alpha = \sqrt{\frac{h_0 - h_1}{R}} \quad (1)$$

где  $h_0$  - высота полосы перед прокаткой, мм;

$h_1$  - высота полосы после прокатки, мм;

$R$  - радиус прокатных валков, мм.

2. Длина дуги контакта полосы с поверхностью валка в очаге деформации, мм:

$$l_d = \alpha R \quad (2)$$

3. Протяженность очага деформации, мм:

$$l = \sqrt{(h_0 - h_1)R} \quad (3)$$

4. Протяженность очага деформации, точное значение, мм:

$$l_{\text{точн}} = \sqrt{(h_0 - h_1)R - \left(\frac{h_0 - h_1}{2}\right)^2} \quad (4)$$

5. Абсолютное обжатие, мм:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (5)$$

6. Абсолютное уширение, мм:

$$\Delta b = 1,15 \frac{\Delta h}{2h_0} \left( l - \frac{\Delta h}{2f} \right) \quad (6)$$

где  $f$  - коэффициент контактного трения.

7. Ширина полосы после прокатки, мм:

$$b_1 = b_0 + \Delta b \quad (7)$$

где  $b_0$  - ширина полосы после прокатки, мм.

Если получаемое  $b_1 \geq 5l$ , то принимается  $\Delta b = 0$ , то есть  $b_1 = b_0$ .

8. Длина полосы после прокатки, мм:

$$l_1 = \frac{h_0 b_0 l_0}{h_1 b_1} \quad (8)$$

где  $l_0$  - длина полосы до прокатки, мм.

9. Максимальный угол свободного захвата полосы прокатными валками, рад:

$$\alpha^{\max} = \tan^{-1}(f) \quad (9)$$

### Выполнение работы

Задание:

- 1) Рассчитать количество переходов прокатки, обеспечивающее получение заданной конечной высоты готового проката. Определить высоту полосы в каждом проходе прокатки. Для этого использовать формулы (1) и (9).
- 2) Рассчитать все основные геометрические показатели прокатки в каждом переходе прокатки по формулам (2) - (8).

Исходные данные для расчета, получаемые из таблицы 1 в зависимости от выданного варианта задания:

1. Высота заготовки до прокатки .
2. Ширина заготовки после до прокатки .

3. Высота заготовки после прокатки .  
 4. Коэффициент контактного трения  $f$ .  
 Материал принять идеально пластичным.  
 Радиус прокатных валков  $R=150$  мм.

Таблица 1 Исходные данные по вариантам

Параметры	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
, мм	10	20	30	10	15	35	50	54	48
, мм	30	40	70	40	20	45	80	60	95
., мм	2	6,0	7	3,0	5,0	10	16	32	14
$f$	0,2	0,3	0,4	0,26	0,45	0,18	0,24	0,34	0,41

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### **ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОКАТКИ**

#### **Основные теоретические сведения**

Процесс продольной прокатки характеризуется следующими основными деформационными показателями:

1. Абсолютная вытяжка, мм:

$$\Delta l = l_0 - l_1 \quad (1)$$

2. Относительное обжатие:

$$\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (2)$$

3. Относительное уширение:

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} \quad (3)$$

4. Относительная вытяжка:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4)$$

5. Сумма значений относительных деформаций:

$$\varepsilon_h + \varepsilon_b + \varepsilon_l = 0 \quad (5)$$

6. Истинное обжатие:

$$\varepsilon'_h = \ln \left( \frac{h_1}{h_0} \right) \quad (6)$$

7. Истинное уширение:

$$\varepsilon'_b = \ln \left( \frac{b_1}{b_0} \right) \quad (7)$$

8. Истинная вытяжка:

$$\varepsilon'_l = \ln \left( \frac{l_1}{l_0} \right) \quad (8)$$

9. Сумма значений истинных деформаций:

$$\varepsilon'_h + \varepsilon'_b + \varepsilon'_l = 0 \quad (9)$$

10. Коэффициент обжатия:

$$\eta = \frac{h_1}{h_0} \quad (10)$$

11. Коэффициент уширения:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} \quad (11)$$

12. Коэффициент вытяжки:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} \quad (12)$$

13. Произведение коэффициентов деформации:

$$\eta\beta\lambda = 1 \quad (13)$$

## Выполнение работы

Задание:

- 1) Рассчитать по формулам (1) - (13) все основные деформационные показатели прокатки заготовки для каждого прохода прокатки, полученного в практической работе № 2. Выполнение равенств в формулах (5), (9), (13) указывает на правильность выполняемых расчетов.
- 2) Суммировать значения показателей относительной деформации для всех проходов прокатки; суммировать значения показателей истинной деформации для всех проходов прокатки.
- 3) Рассчитать общую относительную деформацию заготовки по формуле (2) для начальной и конечной высот прокатываемой полосы. Полученное значение сравнить с суммой всех показателей относительной деформации из п. 2) по проходам;
- 4) Рассчитать общую истинную деформацию заготовки по формуле (6) для начальной и конечной высот прокатываемой полосы. Полученное значение сравнить с суммой всех показателей истинной деформации из п. 2) по проходам;
- 5) Сделать вывод о том, какой вид показателей деформации наиболее адекватно отражает деформацию заготовки.



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

### ДАВЛЕНИЕ ПРОКАТКИ

#### Основные теоретические сведения

Для расчета давления прокатки вначале определяется коэффициент напряженного состояния очага деформации. Далее рассчитывается сопротивление пластической деформации прокатываемого металла. Давление прокатки определяется как произведение полученных двух величин и коэффициента формы калибра прокатных валков.

1. Средняя высота полосы, мм:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_0 + h_1}{2} \quad (1)$$

2. Средняя ширина полосы, мм:

$$b_{\text{ср}} = \frac{b_0 + b_1}{2} \quad (2)$$

3. Коэффициент, учитывающий влияние контактного трения на давление прокатки:

$$n_f = \frac{e^{f \cdot k} - 1}{f \cdot k} \quad (3)$$

где

$$k = \frac{l}{h_{\text{ср}}} \quad (5)$$

Если расчетная величина  $n_f$  меньше 1, то принимают  $n_f=1$ .

4. Коэффициент, учитывающий влияние ширины полосы на давление прокатки:

$$n_b = 1 + \frac{f b_{\text{ср}}}{3 h_{\text{ср}}} \quad (6)$$

Если расчетная величина  $n_b$  больше 1,15, то принимают  $n_b = 1,15$ .

5. Коэффициент, учитывающий влияние высоты полосы на давление прокатки:

При условии  $k \leq 1$  величина коэффициента равна:

$$n_h = \sqrt{2 - k} \quad (7)$$

При условии  $k > 1$  величина коэффициента равна:

$$n_h = 1$$

6. Скорость деформации,  $s^{-1}$ :

$$u = \frac{\varepsilon_h \cdot V}{l} \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

7. Сопротивление пластической деформации, МПа:

$$\sigma_s = k \sigma_0 k^a (10 \varepsilon_h)^b \left( \frac{T}{1000} \right)^c \cdot 10 \quad (9)$$

где  $k, a, b, c$  - коэффициенты, выбираемые из таблицы 3 в зависимости от прокатываемого металла;

$\sigma_0$  - базовое сопротивление деформации, выбираемое из таблицы 3 в зависимости от прокатываемого металла.

8. Коэффициент, учитывающий влияние натяжений полосы на давление прокатки:

$$n_q = 1 - \frac{(q_0 + q_1)}{2\sigma_s}$$
$$q_0 = z_0 \sigma_s$$
$$q_1 = z_1 \sigma_s \quad (10)$$

где  $q_0$  - заднее натяжение полосы, МПа;

$q_1$  - переднее натяжение полосы, МПа;

$z_0$  - коэффициент заднего натяжения полосы;

$z_1$  - коэффициент переднего натяжения полосы;

9. Коэффициент напряженного состояния очага деформации:

$$n_{\sigma} = n_f n_b n_h n_{\sigma} \quad (11)$$

10. Коэффициент калибра прокатных валков:

$$n_K = \frac{1 + K_k \frac{2}{3} f \frac{l}{h_{cp}}}{1 + \frac{1}{3} f \frac{l}{h_{cp}}} \quad (12)$$

где  $K_k$  - коэффициент формы калибра, для фасонных калибров  $K_k = 1$ ,  
для простых калибров  $K_k = 0,6 \dots 0,8$ .

11. Давление прокатки, МПа:

$$p = \sigma_s n_{\sigma} n_K \quad (13)$$

### Выполнение работы

Задание:

- 1) Рассчитать по формулам (1)-(13) давление прокатки для первого прохода прокатки из практического задания № 1.
- 2) Рассчитать по формулам (1)-(13) давление прокатки для второго прохода прокатки из практического задания № 1 с учетом упрочнения за два прохода прокатки.

Исходные данные для расчета, получаемые из таблицы 2 в зависимости от выданного варианта задания:

1. Прокатываемый материал;
2. Коэффициент контактного трения  $f$ ;
3. Коэффициент заднего натяжения полосы, ;
4. Коэффициент переднего натяжения полосы, ;
5. Температура прокатки,  $T$ ;
6. Скорость прокатки,  $V$ .

Форма калибра прокатных валков простая.

Таблица 2. Исходные данные по вариантам

Параметры	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Металл сталь	Задается преподавателем.								
$f$	0,1	0,12	0,14	0,05	0,06	0,14	0,17	0,16	0,17
$z_0$	0,02	0,14	0,15	0,12	0,13	0,16	0,17	0,18	0,20
$z_1$	0,19	0,01	0,11	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
$T, ^\circ\text{C}$	1000	1100	1200	990	950	1050	1150	1080	1220
$V, \text{м/с}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 3. Параметры для расчета сопротивления горячей деформации

№	к	$\sigma_0$	а	б	с	Марка стали.
1	1.,	8.673,	0.126,	0.188,	-2.74	- АС11
2	1.,	8.673,	0.126,	0.188,	-2.74	- А11
3	1.,	12.330,	0.124,	0.208,	-4.88	- ВНС14
4	1.,	13.447,	0.107,	0.150,	-4.93	- ВНС16
5	1.,	11.780,	0.135,	0.119,	-3.69	- В2Ф
6	1.,	18.486,	0.136,	0.100,	-3.01	- Р18
7	1.,	11.580,	0.114,	0.200,	-2.95	- СП33
8	1.,	7.423,	0.159,	0.197,	-2.87	- У7А
9	1.,	7.399,	0.173,	0.180,	-3.26	- У12А
10	1.,	10.912,	0.130,	0.063,	-4.72	- Х17Н2
11	1.,	18.315,	0.112,	0.088,	-4.35	- 12Х18Н10Т
12	1.,	17.893,	0.093,	0.105,	-3.18	- Х23Н18
13	1.,	9.858,	0.137,	0.220,	-4.07	- ШХ15
14	1.,	17.050,	0.093,	0.127,	-3.18	- ЭИ319
15	1.,	18.445,	0.122,	0.046,	-3.75	- ЭИ432
16	1.,	6.014,	0.124,	0.052,	-3.70	- ЭИ439
17	1.,	19.751,	0.072,	0.173,	-2.31	- ЭИ448
18	1.,	12.252,	0.096,	0.170,	-2.24	- ЭИ580
19	1.,	31.227,	0.116,	0.153,	-3.22	- ЭИ602
20	1.,	29.367,	0.108,	0.118,	-3.87	- ЭИ607
21	1.,	5.277,	0.172,	0.067,	-3.64	- ЭИ636
22	1.,	17.670,	0.155,	0.064,	-4.48	- ЭИ654
23	1.,	20.563,	0.166,	0.134,	-5.38	- ЭИ702
24	1.,	15.123,	0.099,	0.142,	-3.12	- ЭИ711
25	1.,	13.455,	0.108,	0.107,	-3.94	- ЭИ723
26	1.,	13.500,	0.077,	0.067,	-3.23	- ЭИ811
27	1.,	22.766,	0.109,	0.089,	-3.46	- ЭИ943
28	1.,	15.279,	0.101,	0.169,	-3.70	- ЭИ962
29	1.,	15.140,	0.106,	0.139,	-3.95	- ЭП56
30	1.,	15.919,	0.104,	0.070,	-3.00	- ЭП302
31	1.,	41.195,	0.132,	0.060,	-5.47	- ЭП487
32	1.,	4.545,	0.198,	0.074,	-3.85	- ЭЗА
33	1.,	18.716,	0.103,	0.128,	-3.27	- 000Х21Н16АГ8
34	1.,	13.775,	0.102,	0.125,	-3.50	- 1Х13
35	1.,	12.240,	0.132,	0.210,	-3.26	- 2Х13
36	1.,	6.894,	0.135,	0.164,	-2.80	- Зкп
37	1.,	7.584,	0.124,	0.167,	-2.54	- Зсп
38	1.,	8.207,	0.144,	0.208,	-3.35	- 5сп

Продолжение таблицы 3.

№	к	$\sigma_0$	a	b	c	Марка стали.
39	1.,	8.673,	0.126,	0.188,	-2.74	- 11
40	1.,	10.390,	0.117,	0.165,	-2.73	- 18Х2Н4ВА
41	1.,	9.685,	0.125,	0.213,	-3.65	- 20ХГ2Ц
42	1.,	8.136,	0.136,	0.187,	-2.79	- 35ГС
43	1.,	7.849,	0.151,	0.122,	-3.66	- 35Г2
44	1.,	8.566,	0.130,	0.170,	-3.62	- 40Х
45	1.,	8.961,	0.173,	0.144,	-2.64	- 40ХГНМ
46	1.,	8.740,	0.143,	0.173,	-3.05	- 45
47	1.,	10.170,	0.153,	0.197,	-3.46	- 60С2
48	1.,	7.321,	0.166,	0.222,	-3.02	- 65Г
49	1.,	7.626,	0.129,	0.178,	-2.95	- 20
50	1.,	9.334,	0.094,	0.002,	-3.712	- 15Х25Т
51	1.,	16.129,	0.172,	0.121,	-4.156	- Р6М5
52	1.,	12.867,	0.107,	0.159,	-3.660	- 08Х13 (ЭИ496)
53	1.,	13.438,	0.083,	0.086,	-3.825	- 08Х17Т (ЭИ645)
54	1.,	12.086,	0.144,	0.145,	-3.833	- 95Х18 (ЭИ229)
55	1.,	19.308,	0.062,	0.128,	-3.421	- 08Х18Н10Т (ЭИ914)
56	1.,	18.713,	0.092,	0.101,	-2.683	- 10Х17Н13М2Т (ЭИ448)
57	1.,	15.635,	0.186,	0.093,	-4.918	- 10Х11Н23Т3МР (ЭП33)
58	1.,	17.079,	0.132,	0.086,	-3.395	- 20Х25Н20С2 (ЭИ283)
59	1.,	10.371,	0.153,	0.209,	-3.576	- ШХ15СГ
60	1.,	8.903,	0.124,	0.182,	-3.263	- 16ХСН
61	1.,	11.269,	0.120,	0.178,	-3.002	- 50ХФА
62	1.,	8.200,	0.157,	0.226,	-3.473	- ХВГ
63	1.,	10.493,	0.123,	0.191,	-2.748	- 18Х2Н4МА
64	1.,	12.408,	0.128,	0.169,	-3.766	- 40Х13
65	1.,	13.225,	0.108,	0.142,	-3.575	- 14Х17Н2
66	1.,	7.807,	0.132,	0.172,	-3.066	- АС14
67	1.,	16.800,	0.159,	0.125,	-5.323	- 10Х11Н20Т3Р (ЭИ656)
68	1.,	13.015,	0.136,	0.124,	-2.851	- 13Х15Н4АМ3-Ш (ЭП310Ш)
69	1.,	11.428,	0.131,	0.124,	-3.307	- 15Х16Н2АМ-Ш (ЭП479Ш)
70	1.,	8.551,	0.135,	0.206,	-3.104	- АС35Г2
71	1.,	7.819,	0.139,	0.177,	-3.351	- 25
72	1.,	12.435,	0.126,	0.125,	-3.456	- 40ХСМФ
73	1.,	6.403,	0.152,	0.200,	-2.921	- 55СМ5ФА-ШД
74	1.,	8.625,	0.135,	0.176,	-3.483	- 20Х
75	1.,	8.687,	0.143,	0.188,	-3.524	- 35Х
76	1.,	7.462,	0.130,	0.155,	-3.240	- 10
77	1.,	7.898,	0.145,	0.187,	-3.380	- 40
78	1.,	16.748,	0.117,	0.247,	-3.325	- 45Х14Н14В2М
79	1.,	21.842,	0.141,	0.169,	-2.918	- ЭП637ВД
80	1.,	17.662,	0.090,	0.165,	-3.289	- 12Х18Н10Е
81	1.,	8.145,	0.149,	0.201,	-3.033	- А75
82	1.,	12.917,	0.115,	0.177,	-3.718	- 20Х13
83	1.,	11.877,	0.111,	0.129,	-3.706	- 12Х17
84	1.,	13.000,	0.120,	0.187,	-3.756	- 30Х13
85	1.,	12.902,	0.109,	0.165,	-3.680	- 12Х13
86	1.,	18.850,	0.064,	0.123,	-3.493	- 12Х18Н9Т
87	1.,	16.846,	0.160,	0.125,	-5.361	- ЭИ696
88	1.,	14.625,	0.097,	0.150,	-3.609	- ЭИ961Ш
89	1.,	10.048,	0.121,	0.217,	-3.034	- 30ХГСН2А-ВД
90	1.,	6.372,	0.159,	0.191,	-3.287	- 55СМ5ФА-ВД
91	1.,	10.082,	0.131,	0.209,	-3.502	- 30ХГСН2А
92	1.,	7.934,	0.147,	0.190,	-3.391	- 45 Селект

Продолжение таблицы 3.

№	к	$\sigma_0$	a	b	c	Марка стали.
93	1.,	15.947,	0.104,	0.143,	-3.877	- 07X16H6Ш
94	1.,	6.999,	0.130,	0.136,	-3.322	- 10895
95	1.,	8.876,	0.144,	0.192,	-3.552	- 38ХА
96	1.,	7.671,	0.152,	0.205,	-3.239	- 55СА
97	1.,	27.796,	0.152,	0.140,	-5.060	- ХН77ТЮР (ЭИ437БВД)
98	1.,	7.548,	0.125,	0.169,	-2.941	- А12
99	1.,	7.566,	0.130,	0.180,	-2.974	- А20
100	1.,	7.602,	0.135,	0.188,	-3.001	- А30
101	1.,	8.083,	0.139,	0.202,	-3.096	- А40Г
102	1.,	8.730,	0.134,	0.169,	-3.536	- 15Х
103	1.,	8.781,	0.142,	0.185,	-3.601	- 30Х
104	1.,	8.967,	0.148,	0.194,	-3.636	- 45Х
105	1.,	9.005,	0.137,	0.199,	-3.620	- 30ХГСА
106	1.,	9.091,	0.130,	0.215,	-3.183	- 35ХГС
107	1.,	17.189,	0.092,	0.163,	-3.337	- 12Х18Н9
108	1.,	23.306,	0.102,	0.250,	-7.187	- 4Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481)
109	1.,	10.353,	0.139,	0.126,	-2.733	- ЭИ385
110	1.,	32.863,	0.094,	0.244,	-3.638	- ХН76Т (ЭИ435)
111	1.,	9.406,	0.159,	0.184,	-3.116	- ЭИ691
112	1.,	15.295,	0.099,	0.143,	-3.472	- 07Х21Г7АН5 (ЭП222)
113	1.,	9.659,	0.123,	0.214,	-3.696	- ЭП678 (ВНС-17)
114	1.,	31.926,	0.092,	0.228,	-3.270	- Х20Н80
115	1.,	2.183,	0.093,	0.426,	-1.450	- Медь (М1)
116	1.,	14.343,	0.182,	0.130,	-5.387	- 11Р3М3Ф2А (ЭИ894)
117	1.,	23.658,	0.237,	0.114,	-11.017	- 10Х11Н23Т3МР (ЭП33)
118	1.,	13.549,	0.152,	0.181,	-4.676	- 40Х9С2

**УШИРЕНИЕ ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКАТКЕ**

**Основные теоретические сведения**

При прокатке важно прогнозировать размер поперечного сечения полосы на выходе из валков. Это определяет получение требуемых размеров профиля проката. При прокатке присутствует схема трехмерной деформации. Если деформацию полосы по высоте определяет зазор между валками, то деформацию полосы по ширине определяет множество параметров прокатки. Поэтому деформация уширения наиболее трудно прогнозируемая. Для расчета уширения полосы при прокатке используются разные формулы. Существуют зависимости, которые используются только для определенных видов и схем прокатки. Применяются и более универсальные формулы. Рассмотрим некоторые из них:

1. Аналитическая формула Целикова А.И. для горячей листовой прокатки:

$$\Delta b = 2K_b K_\sigma \left( \sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right) \left( \left( \frac{h_1}{\Delta h} \right)^2 \ln \frac{h_0}{h_1} - \frac{h_1}{\Delta h} + \frac{1}{2} \right) \quad (1)$$

где  $K_b$  – коэффициент А.И. Гришкова, учитывающий влияние ширины полосы;  
 $K_\sigma$  – коэффициент В.П. Калинина, учитывающий влияние заднего натяжения полосы.

Для вычисления  $K_b$  используется формула:

$$K_b = 4(1 - \varepsilon_h) \left( \frac{b_0}{l} - 0,15 \right) e^{1,5(0,15 - b_0/l)} \quad (2)$$

Для вычисления  $K_\sigma$  используется формула:

$$K_\sigma = 1 - 2q_0 \quad (3)$$

2. Эмпирическая формула Зюзина В.И., Кривенцова А.М. для расчета уширения полосы при прокатке в калибрах

(отклонение от экспериментальных значений уширения max=10...13%):

$$\Delta b = 2K_{\text{ш}}K_{\text{ф}}(1 - \sqrt{1 - \varepsilon}) \left( l - \left( \frac{\Delta h}{2f} \right)^2 \frac{1}{l} \right) \quad (4)$$

где  $K_{\text{ш}}$  – коэффициент, учитывающий влияние ширины сортовой полосы;

$K_{\text{ф}}$  – коэффициент, учитывающий влияние формы калибра.

Для вычисления  $K_{\text{ш}}$  используется формула:

$$K_{\text{ш}} = 5,97(1 - \varepsilon_n) \frac{\frac{b_0}{b_k} - 0,3}{\lg(1,43b_0/b_k)} + \varepsilon_n \quad (5)$$

где  $b_0$  – критическая ширина очага деформации, соответствующая значению ширины, при которой интенсивность уширения начинает возрастать, рассчитывается по формуле:

$$b_k = (\sqrt{1 - \varepsilon}) \left( l - \left( \frac{\Delta h}{2f} \right)^2 \frac{1}{l} \right) \quad (6)$$

Коэффициент  $K_{\text{ш}}$  зависит от системы калибровки и выбирается из таблицы 4.

Таблица 4. Экспериментальные значения коэффициентов

№	Система калибровки	Значение коэффициента
1	Овал-квадрат, квадрат-овал	0,73
2	Квадрат-ромб, ромб-квадрат	0,77
3	Овал-круг, круг-овал	0,80
4	Овал-ребровый овал	0,82
5	Ребровый овал-овал	1,20
6	Ромб-ромб	0,85
7	Гладкая бочка	1,00



## Выполнение работы

Задание:

- 3) Рассчитать по формулам (1)-(6) уширение полосы для первого прохода прокатки из практического задания № 3.
- 4) Рассчитать по формулам (1)-(6) уширение полосы для второго прохода прокатки из практического задания № 3 с учетом упрочнения за два прохода прокатки.
- 5) Сравнить значения уширения по формулам (1), (4). Сделать вывод о причинах наличия отклонений в сравниваемых значениях.

**СИЛА, МОМЕНТ, ЭНЕРГИЯ И МОЩНОСТЬ ПРОКАТКИ**

**Основные теоретические сведения**

1. Площадь поверхности контакта полосы с валком, мм<sup>2</sup>:

$$F_k = b_{cp} l \quad (1)$$

2. Сила прокатки, Н:

$$P = p F_k \quad (2)$$

3. Коэффициент плеча вектора силы прокатки:

$$\psi = \frac{1}{2 - \varepsilon_h} \left[ 1 - \varepsilon_h \left( \frac{e^{(f \cdot k)}}{e^{(f \cdot k)} - 1} - \frac{1}{f \cdot k} \right) \right] \quad (3)$$

4. Площадь сечения полосы до прокатки, мм<sup>2</sup>:

$$F_0 = h_0 b_0 \quad (4)$$

5. Площадь сечения полосы после прокатки, мм<sup>2</sup>:

$$F_1 = h_1 b_1 \quad (5)$$

6. Момент прокатки, Н·мм:

$$M = 2 \left[ P \psi l_d + \frac{(q_0 \sigma_s F_0 - q_1 \sigma_s F_1)}{2} R \right] \quad (6)$$

7. Энергия (работа) прокатки, Дж:

$$A = p (h_0 b_0 l_0) \varepsilon_h' / 1000 \quad (7)$$

8. Угловая скорость вращения валков,  $c^{-1}$ :

$$w = \frac{V_b}{R} 1000 \quad (8)$$

9. Мощность прокатки, Вт:

$$N = Mw \quad (9)$$

### Выполнение работы

Задание:

- 1) Рассчитать по формулам (1)-(9) все энергосиловые параметры для первого и второго проходов прокатки из практического задания № 1 и 3.
- 2) Результаты расчета представить в таблице 5. Давление прокатки используется из практической работы № 1 и 3.
- 3) Определить отношение величин  $p$ ,  $P$ ,  $M$ ,  $A$ ,  $N$  для второго прохода прокатки к этим же величинам для первого прохода путем расчета и заполнения таблицы 6. Определить наиболее изменяемый энергосиловой параметр прокатки.

Таблица 5. Результаты расчета энергосиловых параметров прокатки.

Проход прокатки	Параметр прокатки									
	$p$	$F_b$	$P$	$\psi$	$F_0$	$F_1$	$M$	$A$	$w$	$N$
1										
2										

Таблица 6. Соотношение энергосиловых параметров прокатки.

$\frac{P_2}{P_1}$	$\frac{F_2}{F_1}$	$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{A_2}{A_1}$	$\frac{N_2}{N_1}$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

**ОПЕРЕЖЕНИЕ И ОТСТАВАНИЕ ПРОКАТКИ**

**Основные теоретические сведения**

1. Угол контактного трения, рад:

$$\nu = \tan^{-1}(f) \quad (1)$$

2. Нейтральный угол, рад:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{2\nu} \right) - \frac{(q_0 \sigma_s h_0 - q_1 \sigma_s h_1)}{4p\nu R} \quad (2)$$

3. опережение полосы, %:

$$s_1 = \gamma^2 \frac{R}{h_1} \cdot 100 \quad (3)$$

4. Отставание полосы, %:

$$s_0 = 1 - \frac{1 + s_1}{\lambda \cos(\alpha)} \cdot 100 \quad (4)$$

## Выполнение работы

Задание:

- 1) Рассчитать по формулам (1)-(4) нейтральный угол, опережение и отставание прокатки для первого и второго проходов прокатки из практического задания № 3.
- 2) Рассчитать по формулам (1)-(4) нейтральный угол, опережение и отставание прокатки для первого и второго проходов прокатки из практического задания № 3 при условии  $\epsilon$ .
- 3) Рассчитать по формулам (1)-(4) нейтральный угол, опережение и отставание прокатки для первого и второго проходов прокатки из практического задания № 3 при условии  $\epsilon$ .
- 4) Результаты расчета представить в таблицы 7.
- 5) Сделать вывод о влиянии натяжений полосы на опережение и отставание полосы

Таблица 7. Значения опережения и отставания при наличии натяжений полосы

№ прохода прокатки	$\gamma$	$s_1$	$s_0$
Проход 1			
Проход 1 при $\epsilon$			
Проход 1 при $\epsilon$			
2			
Проход 2 при $\epsilon$			
Проход 2 при $\epsilon$			

**Бобарикин Юрий Леонидович**

## **ТЕОРИЯ ПРОКАТКИ**

**Практикум  
по одноименной дисциплине  
для студентов специальности 1-42 01 01  
«Металлургическое производство  
и материалобработка (по направлениям)»,  
направления 1-42 01 01-02 «Металлургическое  
производство и материалобработка  
(материалобработка)», специализации  
1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 02.04.13.

Рег. № 64Е.  
<http://www.gstu.by>