

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Факультет Материаловедения и металлургических технологий  
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Л.В. Радионова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тема работы «РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА  
МЕЛКОСОРТНОЙ СТАЛИ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 22.03.02.2018.100.00.00.00.ПЗ КП

Руководитель, проф., к.т.н.

\_\_\_\_\_ / В. И. Крайнов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор проекта:

студент группы П–438

\_\_\_\_\_ / И. В. Пыжьянов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Пыжьянов И.В. Разработка режимов прокатки сортовой стали 20 мм из стали 45. – Челябинск: ЮУрГУ, П-438, 22 с., 6 иллюстраций, 8 табл., библиогр. список – 5 наим., 1 чертеж А1, 3 чертежа А2.

Данная дипломная работа выполнена с целью расчета технологических параметров, определение количества, формы и размеров калибров.

В дипломной работе описаны основные технологические операции на стане, разработана схема прокатки, рассчитаны режимы обжатый и формоизменение металла, сконструированы калибры для прокатки заданного профиля, рассчитаны температурные и скоростные режимы прокатки, определены энергосиловые параметры процесса прокатки, рассчитана производительность стана.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОРТАМЕНТ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ МЕЛКОСОРТНОЙ СТАЛИ.....	5
1.1. Сортовой горячекатаный круглый прокат.....	5
1.2. Сортовой горячекатаный квадратный прокат.....	6
1.3. Сортовой горячекатаный шестигранный прокат.....	8
1.4. Сортовой горячекатаный уголок.....	10
2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛКОСОРТНОЙ СТАЛИ ОТ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА ДО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	14
3. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 250.....	17
3.1. Назначение стана 250.....	17
3.2. Подготовка металла к прокатке.....	17
3.3. Оборудование стана и технологический процесс прокатки.....	18
4. ВЫБОР СХЕМЫ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГА ДИАМЕТРОМ 20 ММ.....	23
4.1. Разработка схемы прокатки.....	23
4.2. Назначение схемы прокатки.....	23
5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ДЕФОРМАЦИИ ПО КЛЕТЯМ.....	26
6. РАСЧЕТ ЭСП ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ.....	28
7. РАСЧЕТ ВАЛКА НА ПРОЧНОСТЬ.....	31
8. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА.....	33
8.1. Производительность.....	33
8.2. Расчет производительности стана.....	33
8.3. Расход электроэнергии.....	34
8.4. Расход валков.....	34
9. ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОКАТНОМ ЦЕХЕ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА.....	35
9.1. Экология в прокатном цехе.....	35
9.2. Общие требования техники безопасности.....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39

## ВВЕДЕНИЕ

Способы последовательного рационального изменения размеров поперечного сечения заготовок в профили заданной формы и размеров составляют наиболее трудную и самую важную часть технологического процесса прокатки.

Основной задачей калибровки валков является получение проката с заданной формой и размерами поперечного сечения при хорошем качестве поверхности и с требуемыми физико-механическими свойствами. При этом калибровка валков должна обеспечивать максимальную производительность стана, равномерное распределение силовых параметров по проходам, минимальный расход энергии, наименьший износ валков, надежный захват металла валками, устойчивое положение раската в валках и возможность прокатки профилей широкого сортамента.

Калибровка валков сортовых станов основана на использовании инженерных методов расчета формоизменения металла, энергосиловых, температурных и скоростных параметров прокатки, выбора формы и определения размеров калибров, обеспечивающих заданные технологические параметры и устойчивое положение раската при прокатке.

# 1. СОРТАМЕНТ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ МЕЛКОСОРТНОЙ СТАЛИ

## 1.1. Сортовой горячекатаный круглый прокат

Сортамент таблицы 1 устанавливает следующий размерный ряд горячекатаного круглого проката:

- Минимальный диаметр  $d=5$  мм,  $S_{\text{поперечного сечения}}=0,196$  см<sup>2</sup>;
- Максимальный диаметр  $d=270$  мм,  $S_{\text{поперечного сечения}}=572,555$  см<sup>2</sup>.

Диаметры в диапазоне от 270 до 330 мм также являются допустимыми, но изготавливаются только по согласованным с заказчиком сертификатам.

Таблица 1 – Прокат стальной горячекатаный сортовой круглый ГОСТ 2590-2006

Диаметр d, мм	Вес метра погонного, кг	Кол-во метров в тонне
5	0,154	6493
5,5	0,187	5347
6	0,222	4504
6,3	0,245	4081
6,5	0,26	3846
7,0	0,302	3311
8	0,395	2531
9	0,499	2004
10	0,616	1623
11	0,746	1340
12	0,888	1126
13	1,042	959
16	1,58	632
20	2,47	404
25	3,85	259
30	5,55	180
36	7,99	125
40	9,86	101
45	12,48	80
50	15,42	64
55	18,650	53
60	22,19	45
65	26,05	38

Окончание таблицы 1.

Диаметр d, мм	Вес метра погонного, кг	Кол-во метров в тонне
70	30,21	33
80	39,46	25
95	55,64	17
100	61,65	16
110	74,6	13
130	104,2	9
150	138,72	7
180	199,76	5
200	246,62	4
220	298,4	3
250	385,34	2,6
260	416,57	2,4
270	449,22	2,2

## 1.2. Сортовой горячекатаный квадратный прокат

По точности прокат изготовляют:

Б - повышенной точности;

В - обычной точности.

Стороны квадратного проката, предельные отклонения по ним, площадь поперечного сечения и масса 1 м проката должны соответствовать указанным на рисунке 1 и в таблице 2.

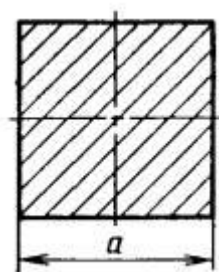


Рисунок 1 – Квадратный прокат

Таблица 2 – Сортамент квадратного проката ГОСТ 2591-88

Сторона квадрата $a$ , мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки		Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Масса 1 м профиля, кг
	повышенной	обычной		
6			0,36	0,283
7			0,49	0,385
8			0,64	0,502
9			0,81	0,636
10			1,00	0,785
11			1,21	0,95
12			1,44	1,13
13			1,69	1,33
14			1,96	1,54
15	+0,1	+0,3	2,25	1,77
16	-0,5	-0,5	2,56	2,01
17			2,89	2,27
18			3,24	2,54
19			3,61	2,82
20			4,00	3,14
21			4,41	3,46
22	+0,2	+0,4	4,84	3,80
23	-0,5	-0,5	5,29	4,15
24			5,76	4,52
25			6,25	4,91
26			6,76	5,30
27			7,29	5,72
28		+0,3	7,84	6,15
29		-0,7	8,41	6,60
30			9,00	7,06
32	+0,2		10,24	8,04
34	-0,7		11,56	9,07
35			12,25	9,62
36		+0,4	12,96	10,17
38		-0,7	14,14	11,24
40			16,00	12,56
42			17,64	13,85
45			20,25	15,90
46			21,16	16,61
48	+0,2	+0,4	23,04	18,09
50	-1,0	-1,0	25,00	19,62
52			27,04	21,23

Окончание таблицы 2

Сторона квадрата $a$ , мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки		Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Масса 1 м профиля, кг
	повышенной	обычной		
55	+0,2 -1,0	+0,4 -1,0	30,25	23,75
58			33,64	26,40
60			36,00	28,26
63			39,69	31,16
65			42,25	33,17
70			49,00	38,46
80			64,00	50,24
85			72,25	56,72
90	+0,3	+0,5	81,00	63,58
93	-1,3	-1,3	86,49	67,90
95			90,25	70,85
100			100,00	78,50
105	+0,4	+0,6	110,25	86,57
110	-1,7	-1,7	121,00	94,98
115			132,25	103,82
120			144,00	113,04
125			156,25	122,66
130			169,00	132,67
135	+0,6	+0,8	182,25	143,07
140	-2,0	-2,0	196,00	153,86
145			210,25	165,05
150			225,00	176,63
160			256,00	200,96
170			289,00	227,00
180	-	+0,9	324,00	254,00
190		-2,5	361,00	283,00
200			400,0	314,00

1.3. Сортовой горячекатаный шестигранный прокат

Размеры сечения проката и предельные отклонения по ним в зависимости от классов точности должны соответствовать указанным на рисунке 2 и в таблице 3.



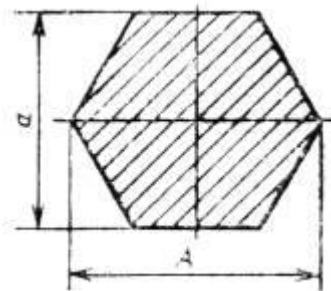


Рисунок 2 – Шестигранный прокат

Таблица 3 – Сортамент шестигранного поката ГОСТ 8560-78

Размер проката (a), мм	Предельные отклонения, мм			Диаметр описанной окружности, A, мм	Предельные отклонения, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м длины, кг
	h10	h11	h12				
3,0	- 0,040	- 0,060	- 0,100	3,4		7,79	0,061
3,2				3,7	-0,2	8,87	0,070
3,5				4,0		10,61	0,083
4,0				4,6		13,86	0,109
4,5	- 0,048	- 0,075	- 0,120	5,2		17,54	0,138
5,0				5,8	21,65	0,170	
5,5				6,3	26,20	0,206	
6,0				6,9	31,18	0,245	
6,5				7,4		36,59	0,2087
7,0				8,1		42,44	0,333
8,0	- 0,058	- 0,090	- 0,150	9,2	-0,4	55,43	0,435
9,0				10,4	-0,5	70,15	0,551
10,0				11,5	-0,5	86,60	0,608
11,0				12,7	-0,6	104,8	0,823
12,0				13,8		124,7	0,979
13,0				15,0		146,4	1,150
14,0	- 0,070	- 0,110	- 0,180	16,2	-0,7	169,7	1,330
15,0				17,3		194,9	1,530
16,0				18,4		221,7	1,740
17,0				19,6	250,3	1,960	
18,0				20,7	280,6	2,200	
19,0				21,9	-0,8	312,6	2,450
20,0				23,0		346,4	2,720
20,8				23,9		274,7	2,940
21,0				24,2		381,9	3,000
22,0	- 0,084	- 0,130	- 0,210	25,4	-0,9	419,2	3,290
24,0				27,7		498,8	3,920
25,0				28,8		541,3	4,250
26,0				30,0	585,4	4,600	
27,0				31,2	631,3	4,960	
28,0				32,3	-1,0	679,0	5,330

Окончание таблицы 3

Размер проката (a), мм	Предельные отклонения, мм			Диаметр описанной окружности, А, мм	Предельные отклонения, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Масса 1 м длины, кг		
	h10	h11	h12						
32,0	-	0,100	0,160	36,9	-1,1	886,8	6,96		
34,0				39,2		1001,0	7,86		
36,0				-	0,250	41,6	-1,3	1122,0	8,81
38,0						43,8		1251,0	9,82
40,0						46,1		1386,0	10,88
41,0						47,3		1456,0	11,40
42,0						48,5		1527,0	11,99
45,0						51,9		1754,0	13,77
46,0				53,1	1833,0	14,40			
48,0				55,4	2000,0	15,60			
50,0	57,7	2165,0	17,00						
53,0	-0,120	-0,190	61,2	-1,7	2433,0	19,1			
55,0			63,5		2620,0	20,6			
56,0			64,6		2715,0	21,3			
60,0			69,3		3118,0	24,5			
63,0			72,7		3437,0	27,0			
65,0			75,0		3659,0	28,7			
70,0	-	-0,190	80,8	-1,8	4244,0	33,3			
75,0			86,5		4871,0	38,2			
80,0			92,3	5542,0	43,5				
85,0	-	-0,220	98,0	-1,2	6257,0	49,1			
90,0			104,0	-1,3	7015,0	55,1			
95,0			110,0		7816,0	61,4			
100,0			115,0	-1,4	8660,0	68,0			

1.4. Сортовой горячекатаный уголок

Размеры уголков, площадь поперечного сечения, справочные величины для осей и масса 1 м уголков должны соответствовать указанным на рисунке 3 и в таблице 4.

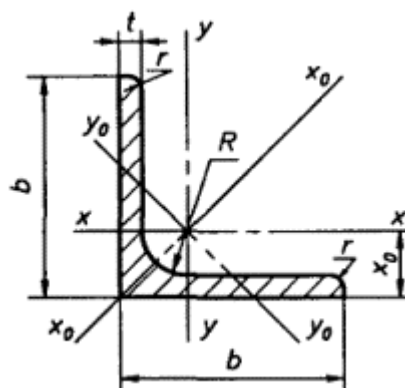


Рисунок 3 – Уголок

Таблица 4 – Сортамент уголка ГОСТ 8509-03

Но мер угол ка	b	t	R	r	F, c М <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей										Мас са 1 м, кг
						x - x			x <sub>0</sub> - x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub>			I <sub>xy</sub> , c М <sup>4</sup>	x <sub>0</sub> , c М	
						I <sub>x</sub> , c М <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , c М <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , c М	I <sub>x0</sub> ма x, cМ <sup>4</sup>	i <sub>x0</sub> m ax, c М	I <sub>y0</sub> m in, c М <sup>4</sup>	W <sub>y0</sub> , cМ <sup>3</sup>	i <sub>y0</sub> mi n, cМ			
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
		4	3,5	1,2	1,46	0,50	0,37	0,58	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,80	1,27
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36
		4	4,0	1,3	2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,59	0,63	1,03	0,89	1,46
		4	4,5	1,5	2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	1,32	0,94	1,91
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	1,37	0,97	1,60
		4	4,5	1,5	2,67	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,75	1,01	2,10
		5	4,5	1,5	3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	2,10	1,05	2,58
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
		5	5,0	1,7	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73
		5	5,0	1,7	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5	5,5	1,8	4,80	11,2	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,0	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5	5,5	1,8	4,80	11,2	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,0	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,1	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,44
		5	6,0	2,0	5,41	15,9	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,8	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,0	1,69	3,90
		5	7,0	2,3	6,13	23,1	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,7	1,74	4,81

Продолжение таблицы 4

Но мер угол ка	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>F</i> , с м <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей										Мас са 1 м, кг
						<i>x - x</i>			<i>x<sub>0</sub> - x<sub>0</sub></i>		<i>y<sub>0</sub> - y<sub>0</sub></i>			<i>I<sub>xy</sub></i> , с м <sup>4</sup>	<i>x<sub>0</sub></i> , с м	
						<i>I<sub>x</sub></i> , с м <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> , с м <sup>3</sup>	<i>i<sub>x</sub></i> , с м	<i>I<sub>x0</sub></i> та х, см <sup>4</sup>	<i>i<sub>x0</sub></i> т ах, с м	<i>I<sub>y0</sub></i> т иn, с м <sup>4</sup>	<i>W<sub>y0</sub></i> , см <sup>3</sup>	<i>i<sub>y0</sub></i> т иn, см			
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,8	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,0	1,69	3,9
		5	7,0	2,3	6,13	23,1	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,7	1,74	4,8
		6	7,0	2,3	7,28	27,0	5,98	1,93	42,91	2,43	11,1	4,44	1,24	15,9	1,78	5,7
7	70	4	8,0	2,7	6,20	29,0	5,67	2,16	46,03	2,72	12,0	4,53	1,39	17,0	1,88	4,8
		5	8,0	2,7	6,86	31,9	6,27	2,16	50,67	2,72	13,2	4,92	1,39	18,7	1,90	5,3
		6	8,0	2,7	8,15	37,5	7,43	2,15	59,64	2,71	15,5	5,66	1,38	22,1	1,94	6,3
		7	8,0	2,7	9,42	42,9	8,57	2,14	68,19	2,69	17,7	6,31	1,37	25,2	1,99	7,3
		8	8,0	2,7	10,6	48,1	9,68	2,12	76,35	2,68	19,9	6,99	1,37	28,2	2,02	8,3
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	39,5	7,21	2,31	62,65	7,91	16,4	5,74	1,49	23,1	2,02	5,8
		6	9,0	3,0	8,78	46,5	8,57	2,30	73,87	2,90	19,2	6,62	1,48	27,3	2,06	6,8
		7	9,0	3,0	10,1	53,3	9,89	2,29	84,61	2,89	22,0	7,43	1,47	31,2	2,10	7,9
		8	9,0	3,0	11,5	59,8	11,18	2,28	94,89	2,87	24,8	8,16	1,47	35,0	2,15	9,0
		9	9,0	3,0	12,8	66,1	12,43	2,27	104,7	2,86	27,4	8,91	1,46	38,6	2,18	10
8	80	5	9,0	3,0	8,63	52,6	9,03	2,47	83,56	3,11	21,8	7,10	1,59	30,9	2,17	6,7
		6	9,0	3,0	9,38	56,9	9,80	2,47	90,40	3,11	23,5	7,60	1,58	33,4	2,19	7,3
		7	9,0	3,0	10,8	65,3	11,32	2,45	103,6	3,09	26,9	8,55	1,58	38,3	2,23	8,5
		8	9,0	3,0	12,3	73,3	12,80	2,44	116,3	3,08	30,3	9,44	1,57	43,0	2,27	9,6
9	90	6	10,0	3,3	10,6	82,1	12,49	2,78	130,0	3,50	33,9	9,88	1,79	48,1	2,43	8,3
		7	10,0	3,3	12,2	94,3	14,45	2,77	149,6	3,49	38,9	11,1	1,78	55,4	2,47	9,6
		8	10,0	3,3	13,9	106	16,36	2,76	168,4	3,48	43,8	12,3	1,77	62,3	2,51	10
		9	10,0	3,3	15,6	118	18,29	2,75	186,0	3,46	48,6	13,4	1,77	68,0	2,55	12
		6	12,0	4,0	12,8	122	16,69	3,09	193,4	3,89	50,7	13,3	1,99	71,4	2,68	10
		7	12,0	4,0	13,7	130	17,90	3,08	207,0	3,88	54,1	14,1	1,98	76,4	2,71	10
		8	12,0	4,0	15,6	147	20,30	3,07	233,4	3,87	60,9	15,6	1,98	86,3	2,75	12
		10	12,0	4,0	19,2	178	24,97	3,05	283,8	3,84	74,0	18,5	1,96	110	2,83	15
		12	12,0	4,0	22,8	208	29,47	3,03	330,9	3,81	86,8	21,1	1,95	122	2,91	17
		14	12,0	4,0	26,2	237	33,83	3,00	374,9	3,78	99,3	23,4	1,94	138	2,99	20
		16	12,0	4,0	29,6	263	38,04	2,98	416,0	3,74	111	25,7	1,94	152	3,06	23
11	110	7	12,0	4,0	15,1	175	21,83	3,40	278,5	4,29	72,6	17,3	2,19	106	2,96	11
		8	12,0	4,0	17,2	198	24,77	3,39	314,5	4,28	81,8	19,2	2,18	116	3,00	13
12,5	125	8	14,0	4,6	19,6	294	32,20	3,87	466,7	4,87	121	25,6	2,49	172	3,36	15
		9	14,0	4,6	22,0	327	36,00	3,86	520,0	4,86	135	28,2	2,48	192	3,40	17
		10	14,0	4,6	24,3	359	39,74	3,85	571,0	4,84	148	30,4	2,47	211	3,45	19
		12	14,0	4,6	28,8	422	47,06	3,82	670,0	4,82	174	34,9	2,46	248	3,53	22
		14	14,0	4,6	33,3	481	54,17	3,80	763	4,78	199	39,1	2,45	282	3,61	26
		16	14,0	4,6	37,7	538	61,09	3,78	852,8	4,75	224	43,1	2,44	315	3,68	29

Окончание таблицы 4

Но ме р уго лка	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>F</i> , см <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей										Мас са 1 м, кг
						<i>x - x</i>			<i>x<sub>0</sub> - x<sub>0</sub></i>		<i>y<sub>0</sub> - y<sub>0</sub></i>			<i>I<sub>xy</sub></i> , с м <sup>4</sup>	<i>x<sub>0</sub></i> , см	
						<i>I<sub>x</sub></i> , см <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> , с м <sup>3</sup>	<i>i<sub>x</sub></i> , с м	<i>I<sub>x0</sub></i> та <i>x</i> , см <sup>4</sup>	<i>i<sub>x0</sub></i> т <i>ax</i> , с м	<i>I<sub>y0</sub></i> т <i>in</i> , с м <sup>4</sup>	<i>W<sub>y0</sub></i> , см <sup>3</sup>	<i>i<sub>y0</sub></i> т <i>n</i> , см			
14	140	9	14,0	4,6	24,7	465	45,55	4,34	739,4	5,47	192	35,9	2,79	274	3,76	19
		10	14,0	4,6	27,3	512	50,32	4,33	813,6	5,46	210	39,0	2,78	301	3,82	21
		12	14,0	4,6	32,4	602	59,66	4,31	956,9	5,43	248	44,9	2,76	354	3,90	25
16	160	10	16,0	5,3	31,4	774	66,19	4,96	1229	6,25	319	52,5	3,19	455	4,30	24
		11	16,0	5,3	34,4	844	72,44	4,95	1340	6,24	347	56,5	3,18	496	4,35	27
		12	16,0	5,3	37,3	912	78,62	4,94	1450	6,23	375	60,5	3,17	537	4,39	29
		14	16,0	5,3	43,5	104	90,77	4,92	1662,	6,20	430	68,1	3,16	615	4,47	34
		16	16,0	5,3	49,07	1175	102,6	4,89	1865	6,17	484	75,9	3,14	690	4,55	38
		18	16,0	5,3	54,79	1290	114,2	4,87	2061	6,13	537	82,0	3,13	771	4,63	43
18	180	20	16,0	5,3	60,40	1418	125,6	4,85	2248	6,10	589	90,0	3,12	830	4,70	47
		11	16,0	5,3	38,80	1216	92,47	5,60	1933	7,06	499	72,8	3,59	716	4,85	30
		12	16,0	5,3	42,19	1316	100,4	5,59	2092	7,04	540	78,1	3,58	776	4,89	33
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822	124,6	6,22	2896	7,84	749	98,6	3,99	107	5,37	36
		13	18,0	6,0	50,85	1960	134,4	6,21	3116	7,83	805	105	3,98	115	5,42	39
		14	18,0	6,0	54,60	2097	144,1	6,20	3333	7,81	861	111	3,97	123	5,46	42
		16	18,0	6,0	61,98	2362	163,3	6,17	3755	7,78	969	123	3,96	139	5,54	48
		20	18,0	6,0	76,54	2871	200,3	6,12	4860	7,72	118	146	3,93	168	5,70	60
		25	18,0	6,0	94,29	3466	245,5	6,06	5494	7,63	143	172	3,91	202	5,89	74

Условные обозначения к рисунк3 и таблице 4:

*b* - ширина полки;

*t* - толщина полки;

*R* - радиус внутреннего закругления;

*r* - радиус закругления полок;

*F*- площадь поперечного сечения;

*I* - момент инерции;

*x<sub>0</sub>* - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;

*I<sub>xy</sub>* - центробежный момент инерции;

*i* - радиус инерции.

## 2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛКОСОРТНОЙ СТАЛИ ОТ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА ДО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Шихту плавим в доменной печи поступающую туда через колошник, которая почти полностью заполняет печь. В нижней части печи находятся фурмы устройства, через которые подается раскаленный воздух, обогащенный кислородом и природный газ, который сгорает при температуре  $2000^{\circ}\text{C}$ . При такой высокой температуре уголь из агломератов сгорает и образует диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) поднимаясь выше этот газ покидает зону, обогащенную кислородом, соединяется с еще не сгоревшим углеродом и преобразуется в угарный газ ( $\text{CO}$ ) он поднимается выше и вступает в реакцию с оксидами железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) отбирая у них кислород в результате остается почти чистый металл, который стекает в горн. Остальные не сгорающие элементы тоже стекают вниз, образуя шлак. Правильный ход химических реакций, протекающих в домне зависит от точности соблюдения огромного числа параметров за этим круглосуточно следят операторы. Готовый чугун сливают раз в 40 минут на время пока идет плавка канал, по которому идет жидкий чугун забивают тугоплавкой массой, а что бы металл выпустить в этой пробку каждый раз бурят отверстие. По каналам в полу цеха жидкий чугун и расплавленный шлак растекаются к разным сливам. Эти каналы постоянно прочищаются что бы они не забивались. С каждой плавки берется проба после остывания которой проводится анализ. После плавки, разогретый до  $1500^{\circ}\text{C}$  чугун, сливают в ковш.

Далее чугун отправляют на переплавку предварительно замерив температуру она должны быть не меньше  $1300^{\circ}\text{C}$ . Чугун переливают в конвертеры для переплавки. В конвертер опускается фурма через которое подается чистый кислород под давлением в 10 атмосфер. Струя газа выходящая из фурмы перемешивает жидкий металл. Остаточные примеси кремния (Si) и марганца (Mn) соединяются с кислородом и сгорают. Когда

температура достигает 1400 ° С начинает выгорать оставшийся углерод. Примерно через 30 минут после начала конвертер поворачивают и через выпускное отверстие сливают готовую сталь. Затем его наклоняют на другую сторону и через другой край сливают шлак.

Далее в ковш со сталью добавляют легирующие элементы. После того как легирующие добавки загружены в ковш в него опускают три графитовых электрода на которые подают трехфазный ток с напряжением 37 кВ. Метод электродуговой плавки является самым качественным и самым чистым. В его процессе в металл не попадают лишние газовые примеси.

После электродуговой плавки сталь отправляют на машину непрерывного разлива заготовок (МНЛЗ). Жидкая сталь непрерывно заливается в водоохлаждаемую форму, называемую кристаллизатором. Перед началом заливки в кристаллизатор вводится специальное устройство с замковым захватом («затравка»), как дно для первой порции металла. После затвердевания металла затравка вытягивается из кристаллизатора, увлекая за собой формирующийся слиток. Поступление жидкого металла продолжается и слиток непрерывно наращивается. В кристаллизаторе затвердевают лишь поверхностные слои металла, образуя твёрдую оболочку слитка, сохраняющего жидкую фазу по центральной оси. Поэтому за кристаллизатором располагают зону вторичного охлаждения, называемую также второй зоной кристаллизации. В этой зоне в результате форсированного поверхностного охлаждения заготовка затвердевает по всему сечению. Во время кристаллизации формирующийся слиток металла постоянно перемещается вверх-вниз относительно кристаллизатора посредством небольших цилиндров, расположенных в ручье. Это позволяет уменьшить количество трещин — дефектов. Вокруг каждого ручья создаётся сильное электромагнитное поле, которое позволяет формировать надлежащую кристаллическую структуру заготовки.

После разливки заготовки нагревают в печах и отправляют в прокатный

цех. Где из нагретой заготовки обжимая ее в прокатных станах получают готовую продукцию. Далее готовое изделие охлаждается и нарезается по нужной длине.



### 3. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 250

#### 3.1. Назначение стана 250

Мелкосортный стан 250 предназначен для прокатки стали сечения: круглого диаметром 10 – 35 мм; квадратного со стороной 10 – 30 мм; стали шестигранной размером 12 – 27 мм; стали угловой равнополочной 20\*20 ÷ 40\*40, неравнополочной 25\*16 ÷ 45\*28; стали полосовой толщиной 4 – 20 и шириной 12 – 27.

#### 3.2. Подготовка металла к прокатке

Исходные заготовки сечением 80 x 80 мм, длиной 9,5-10,0 м, массой 480-550 кг из легированных сталей зачищают на механизированных станках, подвергают сплошной шлифовке и огневой зачистке.

Предназначенные для прокатки заготовки загружают электромостовыми кранами на решетки, оборудованные шлепперами грузоподъемностью 70 т, перемещающимися со скоростью 0,08 м/с. С решеток заготовки поступают на подводящие рольганги с роликами диаметром 212 мм, длиной бочки 630 и 600 мм для транспортировки со скоростью 2,22 м/с, с рольгангов заготовки клинкен-шлепперами загружают в Печи. Клинкен-шлеппер одновременно передвигает восемь заготовок со средней скоростью 0,42 м/с за 20-50 с, шаг заготовок 1000 мм.

Нагревательных печей с шагающим подом, двухзонных, рекуперативных с торцевой посадкой и боковой выдачей - две.

Длина и ширина печи по кладке - 24,18 x 12,64 м. Длина томильной зоны сварочной 10 м. Площадь активного пода при посадке заготовок с шагом 200 мм - 104 м<sup>2</sup>. Воздух подогревается до 400 °С в металлическом петлевом трубчатом рекуператоре.

Топливо - смесь коксового и доменного газов теплотой сгорания 9,22- ТО, 05 МДж/м<sup>3</sup>. Давление газа перед печью 6 кПа. Садка печи - 116 заготовок или 89,5 т. Максимальная производительность - 90 т/ч или 180 заготовок при шаге Посадки 200 мм и цикле выдачи 20 с.

По режиму Нагрева стали разделены на три группы: I-СтО-Стб, 08Кп-20кп, 10-50,25Г2С, 35ГС; II - 43,20Х-50Х, 35ХГНЯ, 38ХА, 40ХН, 65Г, 80С2Г, 25ХГНМА, АС14; III - 12ХН, 38ХГНМ, АЦ20ХГНМ.

Температурный режим нагрева заготовок в томильной зоне в зависимости от темпа прокатки: стали группы I при темпе выдачи < 80 заготовок в час - 1210 °С, 120 заготовок в час - 1230 °С, 180 заготовок в час - 1260 °С, при > 200 заготовок в час - 1270 °С, максимальная 1310 °С; стали группы II - при < 80 з/ч - 1190 °С, 120 з/ч - 1210 °С, 160 з/ч - 1230 °С, > 200 з/ч - 1250 °С, максимальная 1280 °С; стали группы № - при <80з/ч - 1160°С, 120з/ч - 1180\*С, 160з/ч - 1200 °С, > 200 з/ч-1220 °С, максимальная 1240 °С. Шлакоудаление в пределах печи - сухое, за ее пределами - гидравлическое.

### 3.3. Оборудование стана и технологический процесс прокатки

От каждой печи заготовка поступает по соединительному рольгангу к установке индукционного подогрева, состоящего из восьми индукционных катушек, генератора-преобразователя частоты с комплектом конденсаторных батарей. Средняя температура подогрева заготовок - на 70-80 °С. Общая длина участка подогрева на одной нитке 8 м. Перед установкой индукционного подогрева расположен трайб-аппарат, состоящий из верхнего и нижнего (ведомого) роликов. Диаметр задающего ролика 280 мм. Прижимное усилие верхнего ролика 12 кН. Скорость движения заготовки 0,15-0,6 м/с. Ролики соединительного рольганга диаметром 212 мм, длина бочки 400 мм, скорость транспортировки 2,12 м/с.

Стан состоит из 25 рабочих двухвалковых клетей и включает четыре группы: черновую - девять горизонтальных клетей, промежуточную - четыре

горизонтальные клетки, две чистовые - по шесть клеток с чередованием вертикальных и горизонтальных. Клетки чистовых групп вертикальные и горизонтальные предварительно-напряженные новой конструкции поставки ГДР (1987). Станины всех клеток закрытого типа. Размеры валков (диаметры бочек максимальный и минимальный, длина бочки) и параметры линии приводов клеток приведены. Материал рабочих валков - чугуны: в черновой группе клеток - исполнения СШХН, в остальных клетях - исполнения СПХН, Подшипники валков - жидкостного трения[1].

В клетях № 1Г-9Г максимальный зазор между валками 60 мм, скорость регулировки верхнего валка 0,182 мм/с. Допускаемое осевое смещение валков  $\pm 10$  мм. Перемещение клетки в рабочем состоянии от оси стана  $\pm 300$  мм, при перевалке - 600 мм; скорость перемещения в направлении приводной и свободной сторон 6,55 и 5,58 мм/с. Давление масла у места присоединения ПЖТ 1,6-3,5 кПа, давление воды для охлаждения валков 1,58 кПа. Разрушающая нагрузка предохранительного стакана на срез 1,1 МН.

Клетки Г10Г и 11Г имеют максимальный зазор между валками 15 мм, скорость регулировки верхнего валка 0,182 мм/с. Допускаемое осевое смещение валков  $\pm 10$  мм. Путь перемещения клетки в рабочем состоянии от оси стана  $\pm 275$  мм, при перевалке 480 мм, скорость перемещения в направлении приводной и свободной сторон 10,2 и 8,67 мм/с. Разрушающая нагрузка предохранительного стакана на срез 0,7 МН.

Клетки № 12В, 14В, 16В и 13Г, 15Г, 17Г имеют межосевое расстояние валков: максимальное 335 мм, минимальное 290 мм, Максимальное усилие прокатки 0,6 МН. Усилие предварительного напряжения клетки 1,2 МН, при давлении в гидросистеме 15 МПа. Регулировка положения валков вручную: допустимая радиальная установка верхнего валка  $\pm 5$  мм (0,1 мм/об), осевая нижнего валка  $\pm 3,5$  мм (0,25 мм/об). Давление масла в гидроцилиндрах радиальной регулировки 0,4- 0,6 МПа, осевой регулировки 6 МПа. Максимальная скорость прокатки 20 м/с.

Профили прокатывают в 12-17 клетях в зависимости от размера профиля: сталь диаметром 12—15 мм, сечением 12 х 12 мм. - в 17 клетях; сталь диаметром 16- 19мм, сечением 16х16мм, угловую 20Х20мм - в 15 клетях; сталь диаметром 20-23 мм, угловую 32Х32 мм, профиль бортового кольца - в 13 клетях, сталь угловую 25 х25 мм - в 14 клетях; сталь диаметром 24-25 мм - в 12 клетях, причем профили бортового кольца и угловую 20 х 20 мм прокатывают в четырех фасонных калибрах, угловую 25 х 25 мм - в пяти фасонных, угловую 32 х 32 мм - в шести фасонных калибрах.

Калибровка валков клетей 1Г-7Г черновой группы одинакова для всех профилей и выполнена по системе плоский овал-круг. Диаметр сечений раскатов после клетки 7Г 34-37 мм. Прокатку в клетях черновой и промежуточной групп ведут в две нитки, причем из-за широкого марочного сортамента стали, разного износа калибра по ниткам для качественного получения профиля допускается сочетание по ниткам следующих профилиразмеров и профилей: диаметром 12 и 13 мм с арматурным № 1% диаметром 14 и 15 мм, квадратного со стороной 12 мм - с арматурным №14; диаметром 16 и 17 мм и профиля бортового кольца - с арматурным И\* 16; диаметром 18; 19; 22; 23 и квадратного со стороной 16 мм - с арматурными К\* 18 и № 22; диаметром 20 и 21 мм - с арматурным № 20; диаметром 24 и 25 мм - с арматурным №25. Угловые профили равных размеров прокатывают одновременно по двум ниткам.

При прокатке профилей круглых и квадратной стали в клетях промежуточной и чистовой групп используют систему калибровки овал-круг, причем в горизонтальных клетях 8Г и 10Г калибр имеет форму плоского овала (плоская средняя часть и закругленные углы), в вертикальных клетях 12 В, 14 В, 16В калибры имеют форму комбинаций ромбического и овального (так называемый ромбический овал). При прокатке стали сечением 12Х12 и 16х16 мм в клетях 14В, 15 и 16В применяют фасонные, ромбические калибры с дополнительными уклонами по краям, кроме того, в калибрах клетки 16В угол при вершине составляет 90 °С.

Температура раската за клетью 7Г не менее 1030 °С для стали диаметром 12-14 мм, 1070 °С при диаметре 17-18 мм, 1130°С при 23-25 мм. При совместной прокатке стали круглой разных марок по правой 'нитке стана пропускают прокат из менее ответственных сталей (СтЗпс, Стбсп, 35ГС), а по левой - из более ответственных (ШХ15, 38ХГНМ), для которых температура раската после клетки 7Г должна быть >1050°С, а для СтЗпс - 1140°С (при Сочетании с ШХ15) и 1170°С (при сочетании с 30ХГНМ). Чем ближе по химическому составу прокатываемые стали по левой и правой ниткам стана, тем меньше указанная разность температур. При прокатке одной стали по обеим ниткам температура раскатов не должна отличаться более чем на 30-40 °С.

Расстояние между клетями в черновой и промежуточной группах 3 м, в чистовых группах 4 м, между черновой и промежуточной группами 13 м, между промежуточной и чистовой левой 17 м, а чистовой правой 40 м. Между черновой и промежуточной, а также между промежуточной и чистовыми группами клетей допускается петлеобразование или слабое натяжение. Ответственные заказы или профили повышенной точности прокатывают в одну нитку или же одновременно по другой нитке прокатывают стали обыкновенного качества. Между клетями чистовой группы налажено автоматическое петлерегулирование.

При перевалке заменяют клетки с горизонтальными валками и кассеты с вертикальными. Становой пролет обслуживается тремя 20/5-т электромостовыми кранами. Схема расположения основного технологического оборудования стана представлена на рисунке 4.

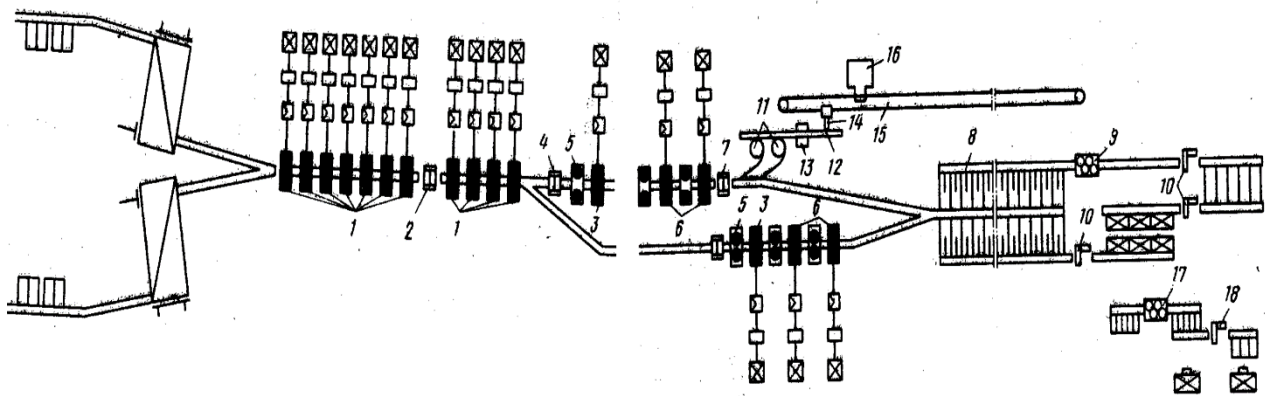


Рисунок 4 – Схема расположения основного технологического оборудования стана 250

1 – горизонтальные клетки черновой группы, 2 – ножницы для обрезки концов, 3 – горизонтальные клетки промежуточной группы, 4 – аварийные ножницы, 5 и 6 – вертикальные и горизонтальные клетки чистовых групп, 7 – летучие ножницы, 8 – реечный холодильник, 9 – передвижная роликотправильная машина, 10 – ножницы холодной резки бунтов, 11 – моталки, 12 – транспортер, 13 – бунтовязальная машина, 14 – навешивательная машина участка доотделки, 15 – крюковой транспортёр, 16 – бунтосъемная машина, 17 – роликотправильная машина раската, 18 – ножницы холодной резки.

## 4. ВЫБОР СХЕМЫ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГА ДИАМЕТРОМ 20 ММ

### 4.1. Разработка схемы прокатки

В качестве заготовки примем промежуточный подкат диаметром 35 мм.

Считаем число проходов:

$$n = \frac{\lg S_0 - \lg S_1}{\lg \lambda_{\text{cp}}},$$

где  $S_0$  – площадь сечения заготовки;

$S_1$  – площадь сечения готового проката;

$\lambda_{\text{cp}}$  – средний коэффициент вытяжки равный 1,35;

Определим площадь круга с диаметром 35 мм:

$$S_0 = \pi * 17,5^2 = 961,625 \text{ мм}^2.$$

Определим площадь круга с диаметром 20 мм:

$$S_1 = \pi * 10^2 = 314 \text{ мм}^2.$$

$$n = \frac{\lg 961,625 - \lg 314}{\lg 1,35} \approx 4.$$

Определим суммарную вытяжку:

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{S_0}{S_1} = \frac{961,625}{314} = 3,06$$

С учетом количества проходов рассчитаем среднюю вытяжку:

$$\lambda_{\text{cp}} = \sqrt[4]{\lambda_{\Sigma}} = 1,322.$$

### 4.2. Назначение схемы прокатки

Для прокатки круглой стали, последний калибр будет круглым. Для обеспечения хорошей геометрии и качества поверхности предпоследний калибр должен быть овальным. Для калибровки используем прокатку по схеме

овал-круг. Первые два калибра будут овал и круг для того, чтобы обеспечить равномерное обжатие при отсутствии острых углов и хорошее качество поверхности. Данные по схеме прокатки приведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Схема прокатки

Проход №	Форма калибра	Кантовка
1	овал	90°
2	круг	–
3	овал	90°
4	круг	–



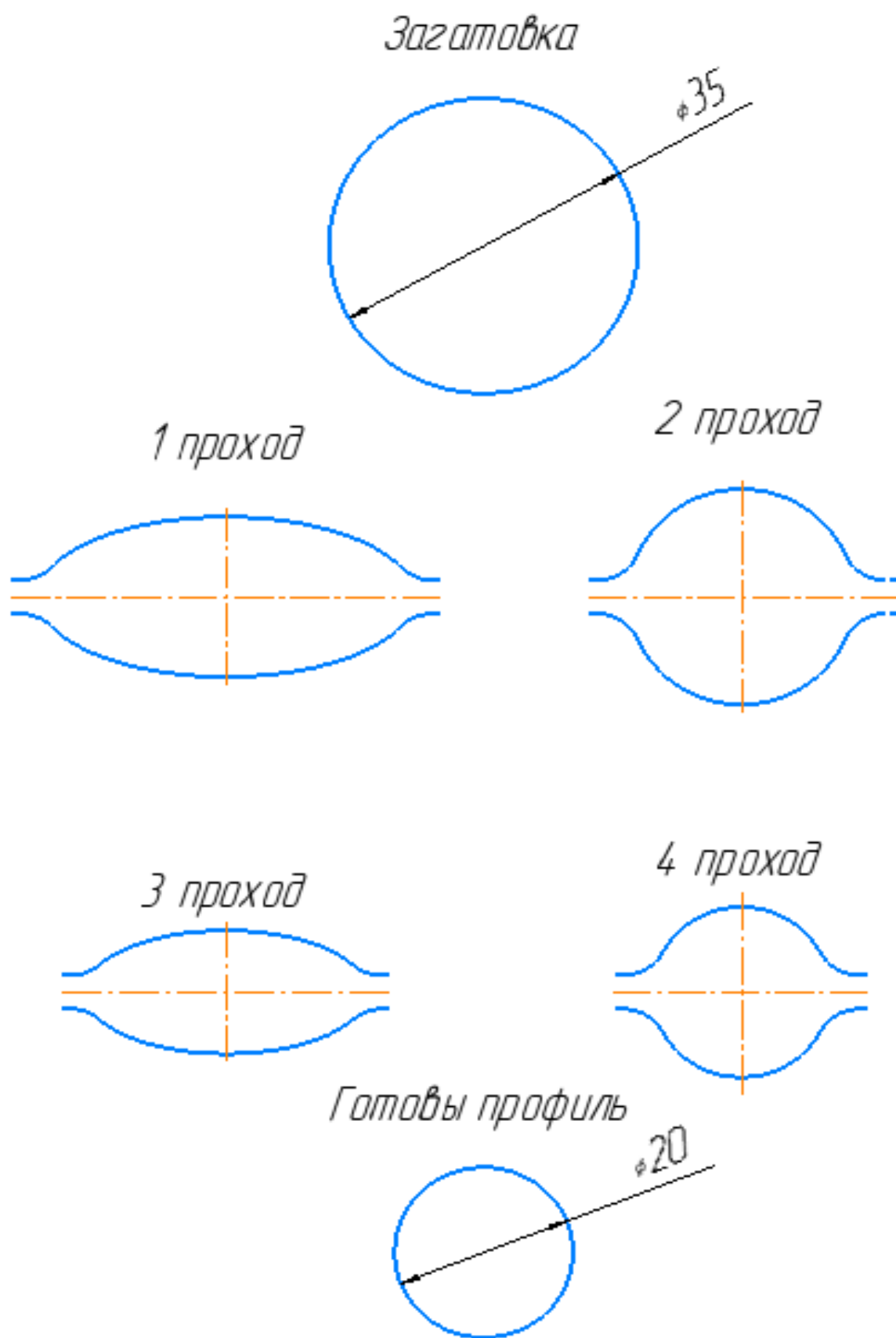


Рисунок 5 – Схема прокатки

## 5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ДЕФОРМАЦИИ ПО КЛЕТЯМ

Исходные данные для расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные

Заготовка, мм	кр.35
Готовый профиль, мм	кр. 20
Материал	Сталь 45
Тип стана	МС непрерывный
$t$ , °С	1000
Группа клетей	чистовая
$D_6$ , мм	250

Основными абсолютными показателями деформации являются[5]:

$$\Delta h = h_0 - h_1 - \text{обжатие};$$

$$\Delta b = b_1 - b_0 - \text{уширение}.$$

При расчете калибровки высоту можно получить достаточно легко, ширину же предсказать более трудно. Существует несколько методов расчета уширения. В данной дипломной работе уширение определяем по формуле Бахтинова [2]:

$$\Delta b = 1,15 * \frac{\Delta h}{2h_0} \left( \sqrt{R_B * \Delta h} - \frac{\Delta h}{2f} \right), \text{ мм}$$

где  $\Delta h$  – обжатие, мм

$h_0$  – высота заготовки, мм

$R_B$  – радиус вала, мм

$f$  – коэффициент трения, который определяем по формуле:

$$f = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * (1,05 - 0,0005 * t),$$

где  $k_1$  – учитывает состояние поверхности инструмента и его материал;

$k_2$  – учитывает влияние скорости прокатки;

$k_3$  – учитывает химический состав обрабатываемого материала;

$k_4$  – учитывает влияние формы заготовки и калибра;

$t$  – температура прокатки, °С

В данной работе коэффициенты  $k_1, k_2, k_3, k_4$  условно приняты равными 1.

Катающий диаметр рассчитываем по следующей формуле:

$$D_k = D_0 - \frac{S}{b} + s, \text{ мм}$$

где  $s$  – величина зазора между буртами в мм, которую при диаметре валков в пределах  $250 \leq D \leq 330$  мм принимаем:

$$s = 0,012 * D + 2, \text{ мм.}$$

В данной работе  $s = 0,012 * 250 + 2 \approx 5$  мм

Результаты расчетов режимов деформации металла представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы деформации металла

Проход	1	2	3	4
$\Delta h$ , мм	16	17	11	12
$h$ , мм	19	25,54	14,64	20,26
$R_B$ , мм	125,0	125,0	125,0	125,0
$f$	0,55	0,55	0,55	0,55
$\Delta b$ , мм	7,54	6,68	6,38	5,62
$b$ , мм	42,54	25,68	32,06	20,27
$S$ , мм <sup>2</sup>	634.48	512.04	368.44	322.21
$\lambda$	1,5	1,25	1,37	1,17
$D_k$ , мм	239,4	224,2	231,4	226,8
$R_k$ , мм	119,7	112,1	115,7	113,4

## 6. РАСЧЕТ ЭСП ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ

Среднее сопротивление деформации  $\sigma_{SC}$ , при горячей прокатке в каждом проходе определяем по методике ЧГТУ[3]:

$$\sigma_{SC} = K_0 \cdot U_C^{K_U} \cdot \varepsilon_1^{K_\varepsilon} \cdot e^{-K_t \cdot t}$$

$K_0$ ,  $K_U$ ,  $K_\varepsilon$ ,  $K_t$  соответственно коэффициенты учета влияния скорости, степени и температуры на сопротивление деформации; для стали 45 значение данных коэффициентов составляет 1475, 0,199, 0,0865 и 0,00275 соответственно;

$\varepsilon_1$  – конечная логарифмическая степень деформации,  $\varepsilon_1 = \ln \frac{h_0}{h_1}$ ;

$U_C$  – средняя скорость деформации,  $U_C = 0,105 * n_B * \sqrt{\varepsilon * \frac{R_K}{h_0}}$ , с<sup>-1</sup>,

где  $\varepsilon$  – степень деформации,  $\varepsilon = \frac{2}{3} * \left(1 - \frac{h_1}{h_0}\right)$ .

Среднее удельное давление определяем по выражению:

$$p_C = \beta * n_\sigma * \sigma_{SC}, \text{ МПа}$$

где  $\beta$  – коэффициент Лодэ, равный 1;

$n_\sigma$  – коэффициент напряженного состояния.

При  $\frac{l}{h_c} < 1$   $n_\sigma$  определяем по методике А.И. Целикова:

$$n_\sigma = \left(\frac{l}{h_c}\right)^{-0,4}$$

При  $\frac{l}{h_c} > 1$   $n_\sigma$  определяем по методике М.Я. Бровмана:

$$n_\sigma = 0,5 * \left(\frac{l}{h_c} + \frac{h_c}{l}\right)$$

где  $l$  – длина очага деформации,  $l = \sqrt{(h_0 - h_1) * R_B}$ , м

$h_c$  – средняя высота в очаге деформации,  $h_c = \frac{h_0 + h_1}{2}$ , м.

Усилие прокатки определяем по выражению:

$$P = p_C * F_r, \text{ кН}$$

где  $F_r$  – горизонтальная проекция площади контакта полосы с валками, мм<sup>2</sup>

При прокатке овал – овал, овал – круг:

$$F_{\Gamma} = \frac{3}{4} \cdot b_1 \cdot \sqrt{(h_0 - h_1) \cdot R_{\epsilon}} .$$

Для двухвалкового калибра момент прокатки определяется следующим образом:

$$M_{\text{в}} = 2 * P * \Psi * l, \text{кН} * \text{м}$$

где  $\Psi$  – коэффициент плеча приложения равнодействующей, который при горячей сортовой прокатке, в двухвалковых калибрах можно приближенно принимать  $\approx 0,5$ .

Момент трения в подшипниках валков:

$$M_{\text{тр}} = P * \mu * d_n, \text{кН} * \text{м}$$

где  $d_n$  – диаметр шейки валка, равный 160 мм;

$\mu$  – коэффициент трения для подшипников качения, равный 0,003.

Крутящий момент на валу электродвигателя определяется выражением:

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{в}} + M_{\text{тр}}}{i_p * \eta} + M_{\text{хх}} \pm M_{\text{дин}}, \text{кН} * \text{м}$$

где  $\eta$  – КПД линии привода, равный 0,75;

$i_p$  – передаточное число редуктора в линии привода;

$M_{\text{хх}}$  – момент холостого хода, необходимый для привода главной линии прокатного стана во время паузы,  $M_{\text{хх}} = 0,07 * M_{\text{н}}$ , кН\*м

где  $M_{\text{н}}$  – номинальное значение момента на валу электродвигателя.

$$M_{\text{н}} = 9,55 \cdot \frac{N_{\text{н}}}{n_{\text{н}}}$$

где  $N_{\text{н}}$  и  $n_{\text{н}}$  – соответственно номинальная мощность и номинальная частота вращения вала электродвигателя, равные 1250 и 800.

Мощность, по валу электродвигателя:

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} * \omega, \text{кВт}$$

где  $\omega$  – частота вращения вала двигателя,  $\omega = \frac{\pi * n_B}{30}$

Результаты расчетов энергосиловых параметров прокатки представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет энергосиловых параметров прокатки

Проход	1	2	3	4
$\varepsilon$	0,301	0,246	0,281	0,242
$n_B$ , об/мин	590	790	1050	1260
$U_c$ , с <sup>-1</sup>	63,65	67,41	125,39	122,59
$\varepsilon_1$	0,61	0,51	0,56	0,46
$\sigma_{sc}$ , МПа	206,476	197,919	213,351	189,882
$l$ , мм	44,72	46,09	36,91	38,4
$h_c$ , мм	27	34,04	20,16	26,16
$l/h_c$	1,65	1,35	1,83	1,46
$n_\sigma$	1,13	1,04	1,18	1,07
$p_c$ , МПа	212,97	191,98	244,78	214,91
$F_\Gamma$ , мм <sup>2</sup>	1427,157	888,003	893,87	589,31
$P$ , кН	313,06	170,48	218,8	126,65
$M_B$ , кН*м	0,14	0,07	0,08	0,04
$M_{тр}$ , кН*м	0,15	0,08	0,1	0,06
$i_p$	14,7	12,5	10	7,6
$M_{дв}$ , кН*м	1,066	1,057	1,064	1,059
$\omega$	62,54	83,47	110,813	132,22
$N_{дв}$ , кВт	66,69	88,24	117,99	140,06

## 7. РАСЧЕТ ВАЛКА НА ПРОЧНОСТЬ

$P=400$  кН – максимальная нагрузка, действующая на валок. Диаметр валка равен 250 мм. Длина валка составляет 400 мм.

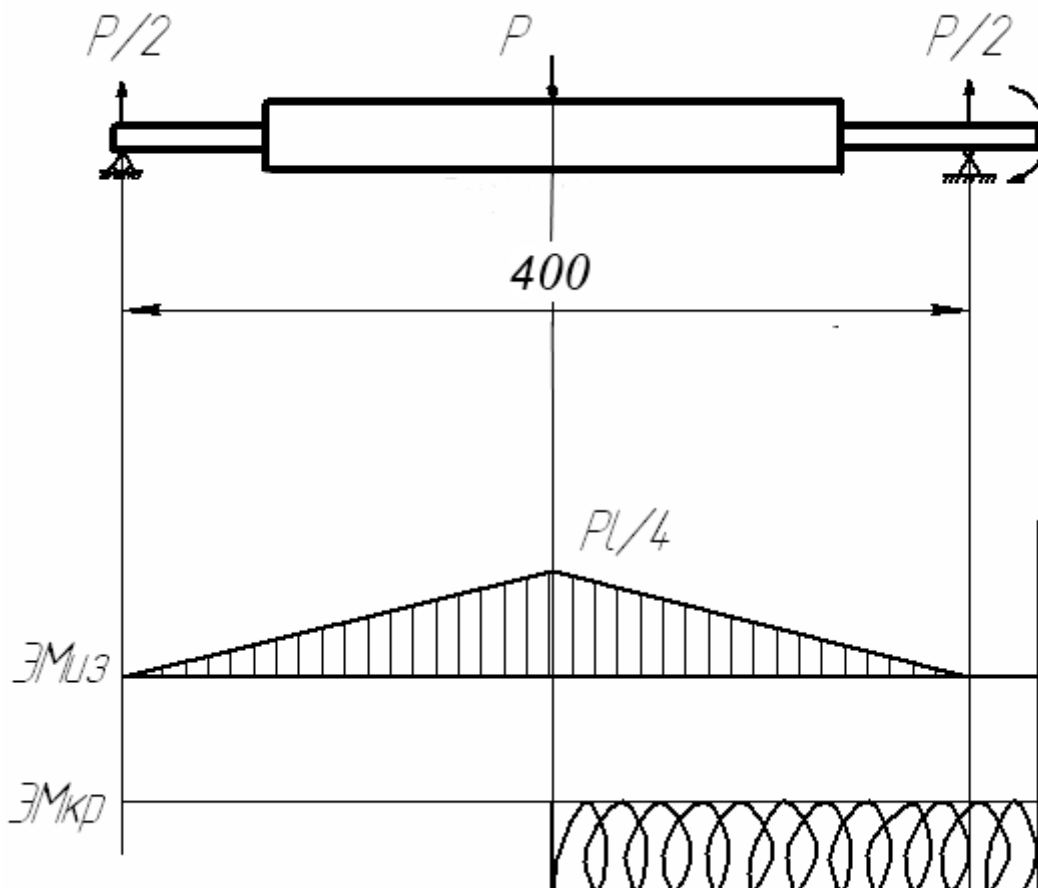


Рисунок 6 - Эпюры изгибающего и крутящего моментов

Изгибающий момент равен[4]:

$$M_{из} = \frac{PL}{4} = \frac{0,4 * 0,4}{4} = 0,04 \text{ МН} * \text{м} ,$$

момент сопротивления при изгибе сечения роляганга

$$W_{из} = 0,1 * D^3 = 0,0027 \text{ м}^3 ,$$

тогда напряжения изгиба в середине бочки ролика

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}}}{W_{\text{из}}},$$
$$\sigma_{\text{из}} = \frac{0,04 * 10^6}{0,0027} = 14,8 \text{ МПа.}$$

Напряжение кручения в бочке вала не подсчитывают ввиду его незначительной величины по сравнению с напряжением изгиба. Допустимое напряжение для валков из углеродистой стали:

$$[\sigma] = 120 \dots 130 \frac{H}{\text{мм}^2}.$$

Условие выполняется  $\sigma_6 < [\sigma]$ .



## 8. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА

### 8.1. Производительность

Общий годовой объем производимой продукции – 650 тыс. т/ год. При общей мощности электрооборудования 35МВт.

### 8.2. Расчет производительности стана

Практическая часовая производительность сортового прокатного стана определяется соотношением:

$$A = \frac{3600 * K_{и} * K_{г} * G}{T} = \frac{3600 * 0,9 * 0,8 * 0,29}{13,01} = 58,88 \text{ т/ч}$$

где  $G$  – масса заготовки,  $G = \rho * S_3 * l_3 = 7,7 * 0,00096 * 40 = 0,29$  т;

$T$  – ритм прокатки,  $T = t_m + t_n = 8,0145 + 5 = 13,0145$  с;

$K_{и}$  – коэффициент использования стана;

$K_{г}$  – коэффициент выхода годного.

Для непрерывных мелкосортных и проволочных станов коэффициент использования стана принимают равным 0,9. Коэффициент выхода годного принимают равным 0,8.

При определении годовой производительности сортовых станов используем фактическое число часов их работы в течение года:

$$A_{г} = \tau_{г} * A = 6570 * 58,88 = 386\,896 \text{ т/год}$$

где  $\tau_{г}$  – годовое число рабочих часов, равное 6570 ч/год.

### 8.3. Расход электроэнергии

На сортовых прокатных станах расход электроэнергии зависит от степени уменьшения площади поперечного сечения (вытяжки) заготовки, химического состава стали, конструкции линии привода и рабочей клетки. Среднее значение расхода электроэнергии мелкосортного прокатного стана на 1 т проката равно 180 МДж/т. Расход тепла при нагреве заготовки в печи мелкосортного стана расходуется до 1510 МДж на 1 т заготовок.

### 8.4. Расход валков

В процессе прокатки происходит интенсивный износ поверхности валков. Для восстановления формы калибров валки подвергаются переточке, в процессе которой снимается определенный слой поверхности валка и уменьшается диаметр бочки. Допустимое уменьшение диаметра валков для сортовых станов 8–10 %.

После допустимого числа переточек валки отправляют для переплава. Отношение массы валков, использованных в определенный промежуток времени, к массе прокатанного за тот же период металла называют удельным расходом валков. Для мелкосортных станов удельный расход валков составляет 0,3–0,4 кг/т. Расход воды на охлаждение валков и подшипников с текстолитовыми вкладышами на сортовых станах составляет 600–700 м<sup>3</sup>/ч.

## 9. ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОКАТНОМ ЦЕХЕ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА.

### 9.1. Экология в прокатном цехе

В прокатном производстве, как и в остальных производствах, имеются организованные технологические и неорганизованные выбросы. Основной источник технологических выбросов – нагревательные колодцы, печи и машины огневой зачистки. Источники неорганизованных выбросов: нагревательные колодцы во время открывания крышек, нагревательные печи при недостаточной тяге, рабочие клетки, ножницы для резки металла, огневая и механическая зачистки заготовок, удаление шлака в шлаковых коридорах у нагревательных устройств и др.

Основным источником организованных вредных выбросов в цехах горячей прокатки являются нагревательные печи и колодцы.

Нагревательные устройства отапливаются природным, коксовым, доменным газами и их смесью. Количество продуктов сгорания в нагревательных печах и колодцах зависит от тепловой работы этих агрегатов и составляет 700-1000м<sup>3</sup>/т нагреваемого металла. При сжигании природного газа в нагревательных устройствах воздух практически не загрязняется. При сжигании серосодержащего топлива (коксового и коксодоменного газов) в атмосферу поступает сернистый ангидрид, количество которого зависит от содержания серы в топливе и его расхода.

### 9.2. Общие требования техники безопасности

– При необходимости перехода через главный соединительный вал каждой клетки прокатного стана (далее - стан) должны устанавливаться переходные мостики с ограждением. На непрерывных станах вместо отдельных мостиков через соединительные валы каждой клетки допускается устройство одного

сплошного мостика вдоль всех клеток с лестницами для спуска к каждой из клеток.

– Производить устранение неисправностей узлов и механизмов станов во время прокатки металла запрещается. Неработающие калибры валков должны закрываться щитами.

– Проверка калибров, зазора между валками, а также положения проводок должна производиться с помощью соответствующей оснастки. Регулировка зазора между валками на вновь строящихся станах должна быть механизирована.

– Замер профиля прокатываемого металла на ходу стана должен производиться только дистанционно с использованием соответствующих измерительных приборов.

– В процессе прокатки необходимо следить за состоянием задаваемого конца раската на входе в клетку. При выявлении дефекта конец раската должен быть обрезан.

– На станах «трио» при наличии системы гидравлического уравнивания среднего валка промежутки между траверсой привода и станиной клетки должны быть закрыты оградительными щитами.

– При ручной задаче металла в валки клещи вальцовщиков должны соответствовать сортаменту прокатываемого металла и быть в исправном состоянии. Для охлаждения клещей около станов должны быть установлены емкости с проточной водой, температура которой не должна превышать +45 °С.

– Конструкция подъемно-качающихся столов должна исключать возможность падения с них прокатываемого металла. Для предотвращения травмирования работающих боковые поверхности подъемно-качающихся столов должны быть обшиты листовым металлом. При верхнем положении стола обшивка не должна быть выше плитового настила рабочего места.

– Для ремонта и осмотра механизмов под подъемно-качающимися столами должны быть устроены приямки с наклонными лестницами. В случаях, когда

устройство прямков с наклонными лестницами невозможно, допускается устройство сбоку подъемно-качающихся столов колодцев с вертикальными лестницами или скобами.

– Во время осмотра и ремонта механизмов, расположенных под подъемно-качающимися столами, стан должен быть остановлен, а подъемно-качающийся стол - надежно закреплен.

– Промежутки между роликами рольгангов, за исключением рабочих рольгангов у блюмингов и слябингов, должны быть перекрыты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная дипломная работа была выполнена с целью расчета технологических параметров, определения количества, формы и размеров калибров, а также их размещение на валках стана.

В процессе выполнения дипломной работы были выполнены следующие задачи:

- описаны основные технологические операции на стане;
- разработана схема прокатки;
- рассчитаны режимы обжатий и формоизменение металла;
- сконструированы калибры для прокатки заданного профиля;
- определены энергосиловые параметры процесса прокатки;
- рассчитана производительность стана.

Таким образом, все задачи дипломной работы можно считать выполненными, а цель – достигнутой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипин В.Г. Прокатные станы: справочник в трех томах, том 2 Средне-, мелкосортные и специальные станы, издание второе, переработанное и дополненное / В.Г. Антипин, С.В. Тимофеев, Д.К. Нестеров, К.Ф. Грицук, В.А. Степанов, В.В. Пудинов, В.И. Григорьев, Е.Л. Орлов, И.Е. Пацека, В.И. Меляков. – М.: Металлургия, 1992. – 496 с.
2. Бахтинов В.Б. Технология прокатного производства: учебное пособие для техникумов / В.Б. Бахтинов. – М.: Металлургия, 1983. – 488 с.
3. Дубинский Ф.С. Энергосиловые параметры процессов прокатки в станах сортового передела: учебное пособие / Ф.С. Дубинский, А.В. Выдрин, В.И. Крайнов, А.В. Шаламов. – Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2001. – 30 с.
4. Смирнов В.К. Калибровка прокатных валков: учебное пособие для ВУЗов / В.К. Смирнов, В.А. Шилов, Ю.А. Инатович. – М.: Металлургия, 1987. – 368 с.
5. Технология процессов прокатки и волочения: конспект лекций / Ф. С. Дубинский, В. И. Крайнов, Б. В. Баричко – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. - 147 с.
6. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008.