

УДК 621.771.2.:669.14.018.291.3.001.5

**С.М.Жучков, В.А. Маточкин, Д.Н.Андрианов, П.В.Токмаков,  
М.А.Муриков, О.М.Кириленко.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ– РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ НА СТАНЕ 320 РУП БМЗ**

Представлены результаты исследования энергосиловых, температурно–скоростных и деформационных параметров прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки, при производстве арматурного проката на стане 320 РУП «БМЗ».

Двадцатиклетевой непрерывный мелкосортный стан 320 Республиканского унитарного предприятия «Белорусский металлургический завод» (РУП «БМЗ») состоит из трёх групп клетей: черновой, включающей четыре горизонтальные клетки 560 и четыре горизонтальные клетки 450, промежуточной группы, включающей шесть горизонтальных клетей 335, а также чистовую группу, в состав которой входит одна вертикальная, одна комбинированная и четыре горизонтальных клетки 280.

Схема расположения основного технологического оборудования стана 320 представлена на рис.1.

Профили для армирования железобетонных конструкций на стане 320 прокатываются из непрерывнолитой заготовки 125x125x11800 мм, стали марок 25Г2С, 20ГС, 30Г2, Ст 5сп и др. Заготовки нагревают перед прокаткой в семизонной печи с шагающими балками и подом до температуры 1160–1190°С.

РУП «БМЗ» является пионером среди металлургических предприятий стран СНГ в освоении процесса многоручьевой прокатки–разделения (МПР) в потоке стана с использованием неприводных деформационно–делительных устройств (НДДУ). Со времени ввода прокатного производства завода в эксплуатацию, специалистами завода совместно с сотрудниками Института чёрной металлургии (ИЧМ) им. З.И.Некрасова НАН Украины осуществлялось постоянное усовершенствование этого процесса и средств для его реализации – делительных устройств. В настоящее время на заводе освоено несколько технологических схем реализации этого процесса на непрерывном мелкосортном стане 320 при производстве арматурного проката:

- арматурные профили №№ 10–12 прокатываются с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки;
- арматурный профиль № 14 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на три нитки;
- арматурный профиль № 16 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на две нитки;

- арматурные профили №№ 20–32 прокатываются в одну нитку;

Технический прогресс в развитии процесса МПР при производстве арматурных профилей на стане можно охарактеризовать следующими этапами:

- совершенствование технологии прокатки арматурных профилей №№ 10–14, а также средств для реализации процесса прокатки–разделения неприводных делительных устройств (НДУ);

- повышение эффективности технологии прокатки–разделения (процесс двухниточной МПР) при производстве арматурных профилей малых сечений;

- разработка новой концепции средств для продольного разделения раската – неприводных деформационно–делительных устройств (НДДУ);

- разработка и освоение технологий основанных на процессе МПР с использованием НДДУ на 3 и 4 нитки.

Исследования параметров прокатки, изучение работы основного и вспомогательного оборудования, анализ калибровок валков, выполненные коллективами исследователей ИЧМ НАН Украины и РУП «БМЗ», позволили выявить ряд недостатков проектных технологий [4,5], сформулировать и реализовать предложения по их усовершенствованию.

Было показано, что применение в черновой группе стана системы вытяжных калибров ромб–квадрат способствует неравномерному охлаждению раската по сечению, образованию острых кромок на раскате. При переполнении калибров это приводило к образованию закатов на поверхности раската. Интенсивный износ калибров и повышенный расход валков свидетельствовали о целесообразности доработки проектных калибровок, а по существу, разработки новой калибровки валков черновой группы стана с использованием калибров системы «овал–ребровой овал», широко применяемой на современных станах [6]. С этой целью были проведены работы по совершенствованию калибровок валков и расширению их технологических возможностей. Основной задачей здесь было повышение универсальности системы калибров черновой группы клетей для снижения числа перевалок, расширения диапазона регулирования зазора между валками и обеспечения возможности унификации калибров. Анализ усовершенствованных калибровок валков для прокатки арматуры, показал, что унифицированная система калибров и обеспечивает формоизменение металла без образования закатов и др. поверхностных дефектов [7].

Прокатка арматурных профилей малых сечений по проекту осуществлялась с использованием процесса МПР с разделением на две нитки (слиттинг–процесс). Освоению этой технологии сопутствовал комплекс исследований, выполненных специалистами БМЗ и ИЧМ [8,9], позволивший не только улучшить, а, по сути дела, создать принципиально новую технологию МПР и достичь прогресса в создании средств для ее реализации [10].

Исследования показали, что при прокатке арматурных профилей по технологии МПР с разделением на две нитки имеет место высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций в промежутках между клетями №№ 14–15 и №№ 15–16, вызываемых застреванием переднего конца раската в валках клетей из-за неудовлетворительной кантовки раската. Это было обусловлено износом кантующих роликов в процессе эксплуатации, изменением температуры прокатываемого металла и геометрических параметров раската. Для стабилизации кантовки раската были внесены коренные изменения в конструкцию калибров валков и кантующей арматуры [11,12].

При дальнейшем развитии технологии прокатки арматурных профилей с применением процесса МПР большое внимание уделялось решению вопросов подготовки раската к разделению, его кантовки, собственно разделению и стабилизации в межклетевых промежутках. То есть, решению вопросов, связанных с повышением надежности работы одного из основных участков стана, сбой в работе которого неизбежно приводит к снижению эффективности производства.

При непрерывной прокатке, когда расстояния между клетями известны, техническая задача состояла в том, чтобы определить момент скручивания раската на требуемый угол кантовки, а затем рассчитать необходимый режим деформации и форму ромбического и квадратного калибров, обеспечивающих создание такого момента. В результате этих исследований, была разработана оригинальная технология прокатки с самокантовкой раската, после выхода из кантующего калибра [13,14]. Это позволило исключить дорогостоящую кантующую привалковую арматуру. Использование результатов исследований и реализация этой разработки, созданной на уровне изобретения [15], на стане 320 позволило:

- стабилизировать процесс задачи в следующую клеть переднего конца раската после кантовки за счет обеспечения требуемого угла скручивания при кантовке ромба на  $90^\circ$  в промежутке между клетями № 14 и № 15 и квадрата на  $45^\circ$  в промежутке клетей № 15 и № 16;
- повысить точность готового профиля;
- увеличить выход годного проката за счёт сокращения количества застреваний («бурёжек»).

Разработанная технология в настоящее время эффективно используется при прокатке арматурного профиля № 16 с применением процесса МПР с разделением раската в потоке стана на две нитки.

Калибровки валков, реализующие процесс МПР с использованием НДДУ, с разделением на 4 нитки, которые в настоящее время используются на стане 320, при производстве арматурных профилей №№ 10 и 12, предусматривают использование для редуцирования раската системы вытяжных калибров «овал–круг», подготовительных калибров для последующего формирования раската, со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана, и традиционных предчистовых

овалов и чистовых калибров, формирующих арматурный профиль. Особенностью используемой на стане калибровки валков является широкое использование валков с гладкой бочкой в процессе формирования раската со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана. В применяемой на стане системе калибров для прокатки арматурных профилей №№ 10 и 12 за 10 проходов в системе калибров «овал–круг» из заготовки квадратного сечения размерами 125x125 мм получают раскат круглого сечения 38,0 мм (при прокатке №10) и 40,0 мм при прокатке №12). Полученные раскаты круглого сечения затем прокатывают в валках с гладкой бочкой в клетях №№ 11 и 12 до получения раската прямоугольного сечения размерами 14x53 мм и 18x56,5 мм соответственно, для №10 и №12. В клетки № 14 осуществляют контроль ширины скантованного раската, т.е. кромки полосы деформируются с небольшим обжатием. После этого в клетях №№ 14, 16 и 18 за три прохода раскат подготавливается к разделению на четыре раската. Причем в клетях №№ 16 и 18 происходит формирование перемычки толщиной около 0,5 мм, что обеспечивает отсутствие дефектов поверхности после деления раската на четыре части за клетью № 18 в НДДУ и последующей прокатки разделенных круглых частей раската в овальном калибре клетки № 19. Калибры валков чистовой клетки № 20 выполнены таким образом, чтобы центральные профили прокатывались с большим обжатием. В результате этого крайние части раскатов прокатываются с меньшим натяжением, что способствует более точному выполнению готового профиля.

Для оценки загрузки линий главных приводов клеток стана были выполнены расчетно–аналитические исследования режимов деформации, технологических и энергосиловых параметров прокатки арматурных профилей по действующим технологиям прокатки–разделения. Исследования выполнялись с помощью компьютерного средства Calc, разработанного в отделе физико–технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката ИЧМ. Компьютерная программа, основанная на аналитической математической модели процесса непрерывной сортовой прокатки, реализована в среде Borland Builder C++, и была адаптирована для условий непрерывного мелкосортного стана 320. Результаты расчетно–аналитических исследований процесса прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением раската в потоке стана на четыре нитки, представлены таблицах 1,2 и на рис. 2,3.

В процессе проведения исследований был принят стандартный нагрев заготовок размерами сечения 125x125 мм из стали марки 25Г2С в методической нагревательной печи стана с температурой поверхности металла на входе в стан 1050°С. Здесь следует отметить, что температура нагрева металла под прокатку была принята из соображений возможности реализации энергосберегающей технологии прокатки с пониженными температурами нагрева.

Анализ результатов исследований показал, что характер изменения энергосиловых, температурно–скоростных и деформационных параметров прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки, качественно соответствует режиму обжатию металла, определяемого параметрами принятой на стане калибровки валков. Это является дополнительным свидетельством адекватности разработанной в ИЧМ компьютерной программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки.

В первых четырех клетях стана происходит снижение температуры прокатки, обусловленное интенсивными потерями тепла нагретым металлом вследствие лучевого и конвективного теплообмена с окружающей средой, и контактного теплообмена с элементами технологического оборудования стана. Следствием этого является рост сопротивления металла деформации. Повышение интенсивности обжатию в конце черновой группы стана (клетки №№ 5–8) приводит к повышению температуры прокатки на этом участке стана вследствие интенсификации деформационного разогрева раската в процессе прокатки, являющимся следствием высокой степени деформации. Снижение температуры раската в начале промежуточной группы клетей (клетки №№ 9–10) обусловлено длинным межклетьевым промежутком между группами клетей и низкой степенью деформации металла в клетке № 9. Малые обжатия даже при пониженной температуре прокатки в этой клетке сопровождаются соответствующим снижением сопротивления металла деформации. Рост интенсивности деформации в последующих клетях промежуточной группы сопровождается повышением температуры прокатки в клетях №№ 11 и 12, вследствие деформационного разогрева металла. Однако, несмотря на это, сопротивление металла деформации здесь увеличивается. При прокатке в последующих клетях стана температура металла монотонно падает. Вместе с тем, характер изменения сопротивления металла деформации, в большей мере зависящий от интенсивности деформации, соответствует характеру изменения коэффициентов вытяжки металла.

Характер изменения энергосиловых параметров адекватен характеру изменения технологических (температурно–скоростных) и деформационных параметров прокатки. При прокатке раската в овальных калибрах нечетных клетей черновой группы стана давление, сила, момент и мощность несколько выше, чем при прокатке в круглых калибрах, врезанных в валки четных клетей. Причем давление прокатки увеличивается по ходу технологического процесса в связи со снижением температуры металла и увеличением скорости прокатки, а сила и момент прокатки снижаются вследствие уменьшения сечения раската. Наиболее высокие затраты мощности приходится на рабочие клетки конца черновой – начала промежуточной групп. Это связано с одновременным взаимным влиянием двух факторов – скорости и температуры прокатки.

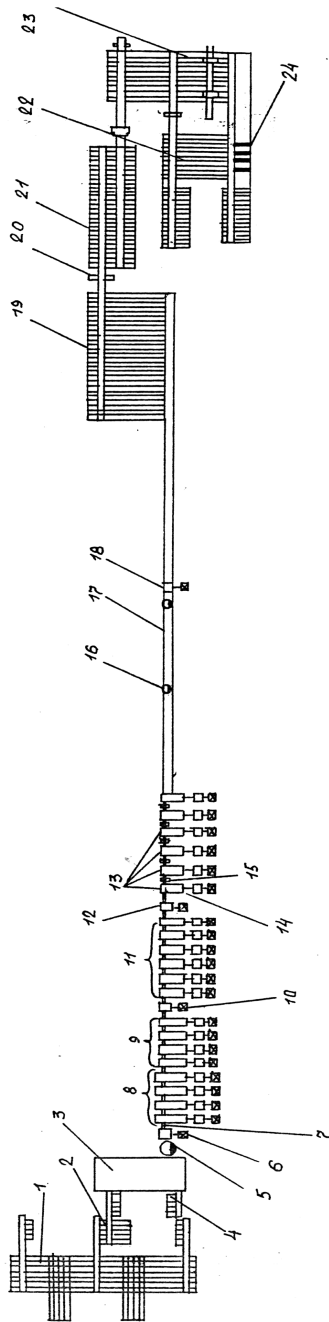
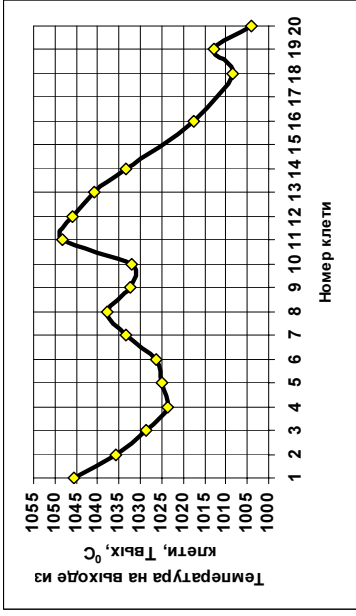
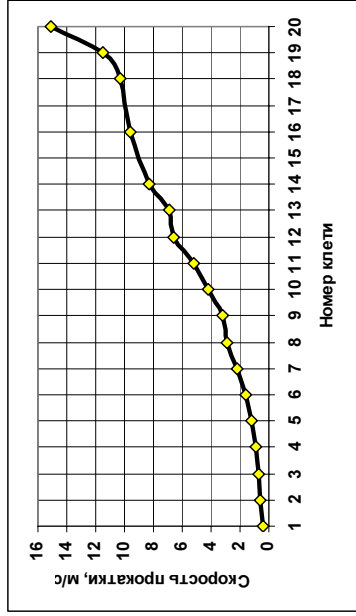
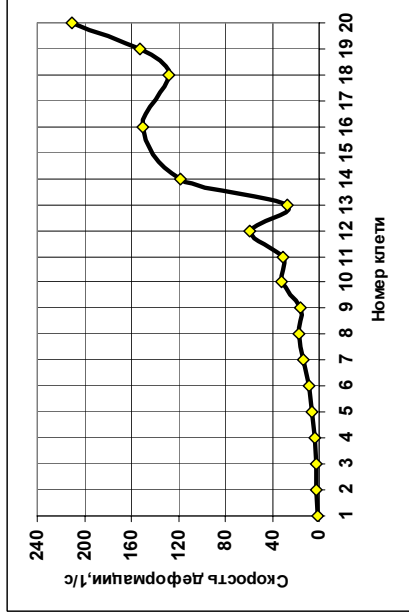


Рис.1 — Схема расположения основного технологического оборудования стана 320 РУП БМЗ:

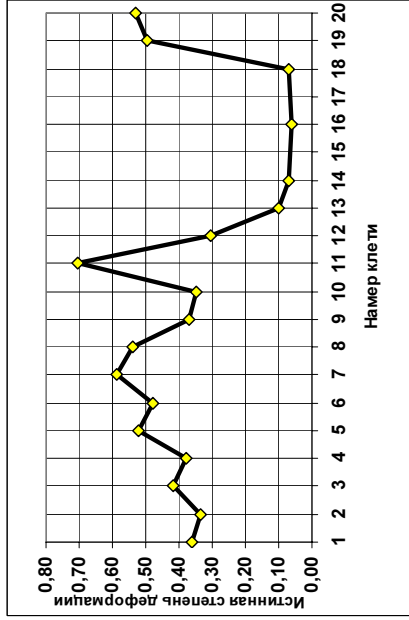
1. загрузочная решетка; 2. устройство для загрузки заготовок; 3. нагревательная печь; 4. устройство выдачи заготовок (разгрузочный рольганг); 5. трайб-аппарат; 6. маятниковые ножицы; 7. устройство для удаления окалины; 8, 9. черновая группа клетей; 10. ротационные ножицы; 11. промежуточная группа клетей; 12. ротационные ножицы; 13. горизонтальные клети чистой группы; 14. вертикальные клети чистой группы; 15. комбинированные петлерегуляторы; 16. трайб-аппараты; 17. устройство для охлаждения проката с рольгангом; 18. ротационные ножицы; 19. холодильный аппарат; 20. правильная машина; 21. цепное переключивающее устройство с накопителем; 22. участок пакетирования фасонного проката; 23. участок пакетирования пруткового проката; 24. вязальные машины



а

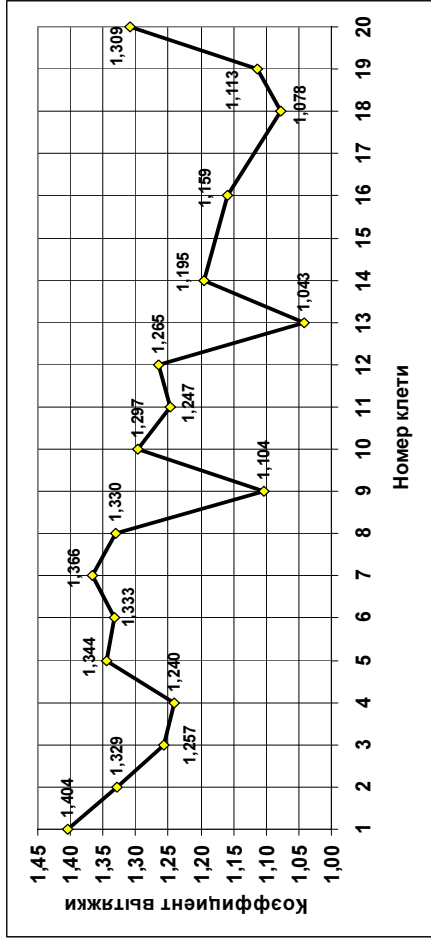


б



в

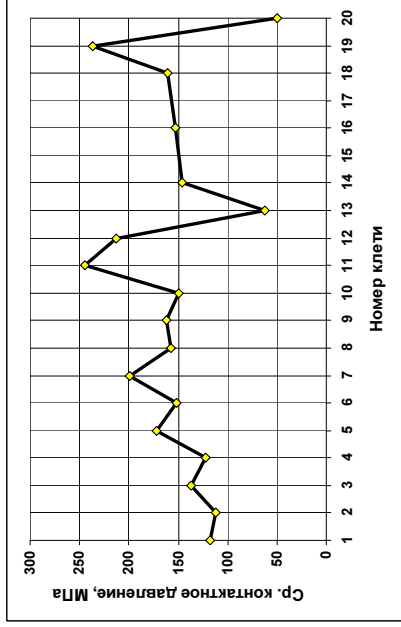
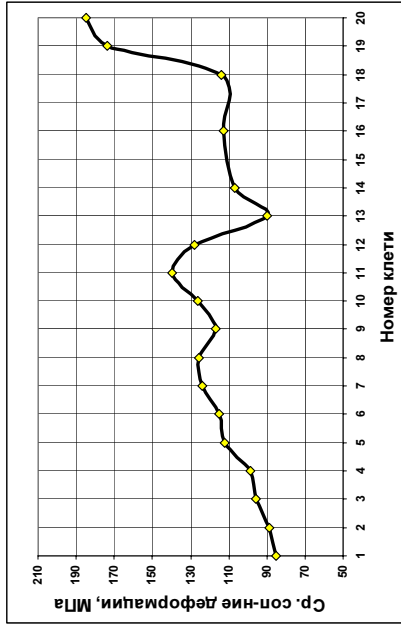
г



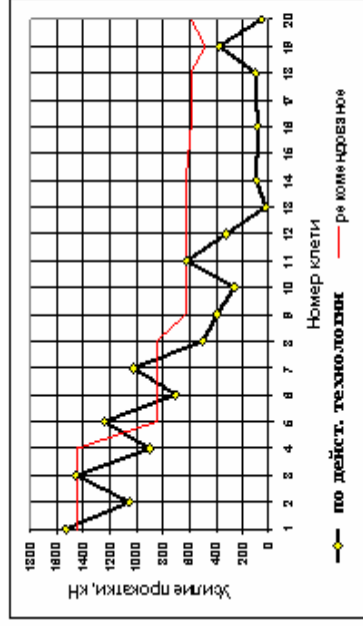
д

Рис. 2. Изменение технологических параметров по клетям стана 320 при прокатке арматурного профиля № 10 ( $V_{пр} = 15$  м/с) способом МПР на 4 нитки: а – скорости прокатки; б – температуры прокатки (на выходе из клетки); в – скорости деформации; г – степени деформации; д – коэффициента вытяжки металла

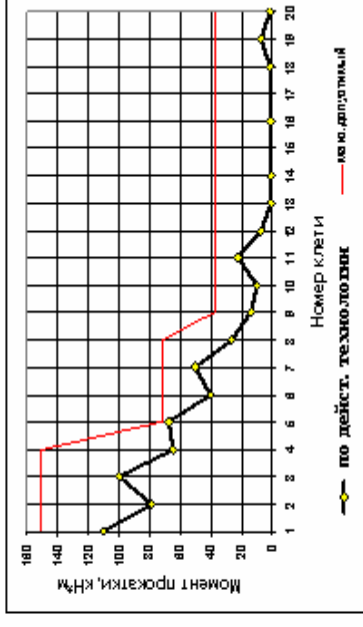




а

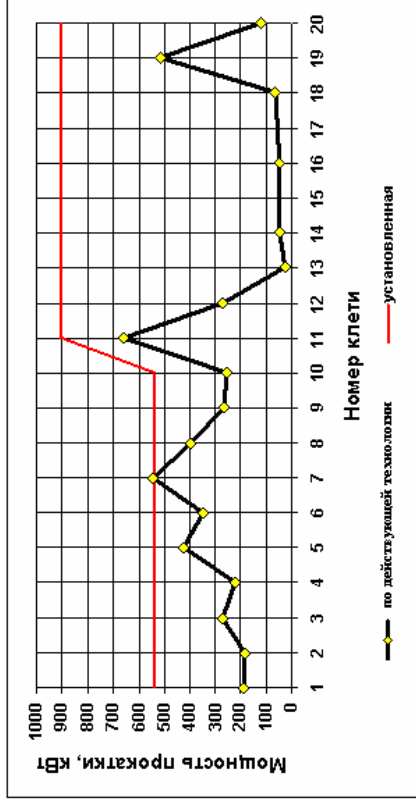


б



в

г



Д

Рис. 3. Изменение энергосиловых параметров по клетям стана 320 при прокатке арматурного профиля № 10 ( $V_{пр} = 15$  м/с) способом МПР на 4 нитки: а – среднего сопротивления металла деформации; б – среднего контактного давления; в – силы прокатки; г – момента прокатки; д – мощности прокатки

Таблица 1. Режим обжатий по клетям мелкосортного стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 методом МПР с разделением на 4 нитки. Сталь 25Г2С. Температура заготовки на входе в стан 1050°С. (Обозначения : начальная высота  $h_0$ ; конечная высота  $h_1$ ; начальная ширина  $b_0$ ; конечная ширина  $b_1$ ; абсолютное обжатие  $\Delta h$ ; относительное обжатие  $\Delta h/h_0$ ; относительное обжатие  $\Delta b/b_0$ ; площадь попер. сечения  $F_{сеч.}$ ; коэффициент вытяжки  $\mu$ ; диаметр валков по бочке  $D_6$ ; катящийся диаметр валков  $D_{кат.}$ ; угол захвата  $\alpha$ ; скорость прокатки  $V_{пр.}$ )

№клетки (форма калибра)	Размеры полосы, мм											Зазор, мм	$D_{кат.}$ , мм	$\alpha$ град.	$V_{пр.}$ м/с
	Высота		Ширина		$\Delta h$ , мм	$\Delta h/h_0$	$\Delta b$ , мм	$F_{сеч.}$ , мм <sup>2</sup>	$\mu$	$D_6$ , мм					
	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$b_0$ , мм	$b_1$ , мм											
Чистовая группа	1 (овал)	125,0	87,0	125,0	144,0	38,0	0,304	19,0	11210	1,404	560	15	497	22,4	0,435
	2 (круг)	144,0	103,0	87,0	102,0	41,0	0,285	15,0	8435	1,329	560	9	486	23,5	0,578
	3 (овал)	102,0	67,8	103,0	121,0	35,2	0,342	19,0	6710	1,257	560	10,5	515	21,2	0,727
	4 (круг)	121,0	83,0	67,8	82,5	38,0	0,314	14,7	5410	1,240	560	7,5	502	22,3	0,902
	5 (овал)	82,5	49,2	83,0	100,0	33,8	0,407	17,5	4025	1,344	405	9	374	24,4	1,212
	6 (круг)	100,0	62,0	49,2	62,0	38,0	0,380	12,8	3019	1,333	405	8	364	26,2	1,616
	7 (овал)	62,0	34,5	62,0	78,8	27,5	0,444	16,8	2210	1,366	405	8	385	21,7	2,208
	8 (круг)	78,8	46,0	34,5	46,0	32,8	0,416	11,5	1662	1,330	405	6	375	24,0	2,936
	9 (овал)	46,0	31,8	46,0	54,5	14,2	0,309	8,5	1505	1,104	335	13,7	321	17,0	3,242
	10 (круг)	54,5	38,5	31,8	38,0	16,0	0,294	6,2	1160	1,297	335	5	309	18,4	4,206
	11 (гл. бочка)	38,5	19,0	38,0	50,0	19,5	0,506	12,0	930	1,247	335	19	335	19,6	5,247
	12 (гл. бочка)	19,0	14,0	50,0	53,0	5,0	0,263	3,0	735	1,265	335	14	335	9,9	6,639
	13 (контрольн.)	53,0	48,0	14,0	15,0	5,0	0,094	1,0	705	1,043	335	20	308	10,3	6,921
	14 (подгот.)	15,0	14,0	48,0	49,0	1,0	0,067	1,0	590	1,195	335	3	326	4,5	8,270
	16 (подгот.)	14,0	13,2	49,0	51,0	0,8	0,057	2,0	509	1,159	325	3	318	4,1	9,586
	18 (подгот.)	13,2	12,3	51,0	55,0	0,9	0,068	4,0	472	1,078	325	1,5	318	4,3	10,33
	19 (овал)	12,3	7,5	13,4	17,0	4,8	0,390	4,7	424	1,113	325	2,5	303	10,2	11,50
	20 (круг)	17,0	10,0	7,5	10,0	7,0	0,412	2,5	324	1,309	325	1,5	294	12,5	15,06

Таблица 2. Энергосиловые параметры в клетях мелкосортного стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 методом МПР с разделением на 4 нитки. Сталь 25Г2С. Температура заготовки на входе в стан 1050°С. Скорость прокатки ( $V_{пр} = 15$  м/с)

№ клетки	Среднее сопот. деформ. $\sigma_{ср}$ , МПа	Среднее давление прокатки $P_{пр}$ , МПа	Сила прокатки, кН*			Момент прокатки, кНм			Мощность прокатки, кВт		
			по действующей технологии	рекомендуемое	$R_{кал.} / R_{рек}$	по действующей технологии	макс. допустимый	Мкал. / Ммак	по действующей технологии	установленная	Мкал. / Мнет
1	84,90	117,51	1536,06	1450	1,06	110,1	151,0	0,73	187,84	540	0,35
2	88,46	111,87	1055,54	1450	0,73	78,6	151,0	0,52	182,79	540	0,34
3	95,66	136,87	1452,97	1450	1,00	100,0	151,0	0,66	272,48	540	0,50
4	98,41	122,79	901,10	1450	0,62	64,6	151,0	0,43	225,50	540	0,42
5	112,09	171,92	1246,78	850	1,47	67,7	72,0	0,94	423,75	540	0,78
6	115,18	151,50	700,80	850	0,82	40,5	72,0	0,56	349,44	540	0,65
7	124,06	199,67	1022,70	850	1,20	50,0	72,0	0,69	543,55	540	1,01
8	125,51	157,53	497,15	850	0,58	26,5	72,0	0,37	399,16	540	0,74
9	117,09	161,73	388,02	629	0,62	13,8	37,5	0,37	267,88	540	0,50
10	126,43	149,07	258,87	629	0,41	9,7	37,5	0,26	253,59	540	0,47
11	139,56	244,24	614,17	629	0,98	22,6	37,5	0,60	655,20	900	0,73
12	128,23	212,52	316,74	629	0,50	7,2	37,5	0,19	269,02	900	0,30
13	90,08	62,50	25,15	629	0,04	0,6	37,5	0,02	25,83	900	0,03
14	107,05	146,34	90,61	629	0,14	1,0	37,5	0,03	49,10	900	0,05
16	112,44	153,35	86,48	591	0,15	0,8	37,5	0,02	49,44	900	0,05
18	114,13	160,71	101,88	591	0,17	1,0	37,5	0,03	66,24	900	0,07
19	173,63	237,03	374,29	478	0,78	7,4	37,5	0,20	513,60	900	0,57
20	185,07	49,89	56,02	591	0,09	1,3	37,5	0,03	120,84	900	0,13

Примечание: Рекомендуемые значения усилий прокатки приняты по паспортным данным клетей стана с учетом физического износа оборудования линий привода рабочих клетей

Наиболее загруженные клетки при реализации энергосберегающего температурно–скоростного режима – по силе прокатки нечетные клетки черновой группы №№ 1, 3, 5, 7, в валки которых врезаны овальные калибры, а также клеть №11 промежуточной группы с гладкой бочкой валков и клеть №19 чистовой группы с овальными калибрами для прокатки в четыре нитки. На предельных нагрузках работают клетки черновой группы №5 с овальным калибром – по моменту прокатки, и № 7 – по мощности прокатки.

Анализ показывает, что для более равномерной загрузки рабочих клетей стана при прокатке, особенно при реализации энергосберегающих технологий, необходимо скорректировать режимы обжаты металла по клетям стана с целью предупреждения возникновения высоких значений силы, момента и мощности прокатки, близких к предельно допустимым значениям.

### **Выводы.**

1. Выполнены исследования энергосиловых, температурно–скоростных и деформационных параметров прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки, при производстве арматурного проката на стане 320 РУП «БМЗ».

2. Показано, что характер изменения энергосиловых параметров прокатки качественно соответствует режиму обжаты металла, определяемого параметрами принятой на стане калибровки валков.

3. Показано, что для реализации энергосберегающих технологий, необходимо скорректировать режимы обжаты металла по клетям стана с целью повышения равномерности их загрузки по силе, моменту и мощности прокатки.

1. *Задачи разработки ресурсосберегающей технологии производства арматурного проката.* / А.В. Ноговицын, В.А. Нечипоренко, С.М. Жучков и др. // Теория и практика металлургии.– 1999.–№ 3.– С.18–21 1.
2. *Никитина Л.А.* Молдавский металлургический завод: от технического перевооружения к конкурентоспособной продукции. // Металлург.– № 8.– 1996.– с.2–8.
3. *Прокатка–разделение.* Два подхода к реализации процесса. / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Л.В.Кулаков, Э.В.Сивак // Новости черной металлургии России и зарубежных стран. Часть II. Черная металлургия: Бюллетень АО «Черметинформация» .– 1998.– № 5–6.– С.14–20.
4. *Технология* прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке непрерывного мелкосортного стана. / С.М.Жучков, Л.В.Кулаков, Э.В.Сивак и др.// «Черная металлургия. Наука. Производство» Тематический сборник научных трудов под ред. проф. И.Г. Узлова – М.: Металлургия, 1989.– С.191–197.
5. *Освоение* технологии прокатки–разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно–проволочном стане 320/150. / А.П.Лохматов, С.М.Жучков,

- Л.В.Кулаков и др.// Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация».– М.: 1989.– Вып.1.– С.66–68.
6. *Ioneoka H.* New slit-rolling technology for steel bare.// Seaisi quarterli.–1995.– V14.– № 4.–P.50–61,66,67.
  7. *Авторское* свидетельство 1441550 (СССР), МКИ В21В 1/02. Устройство для продольного разделения раската / Э.В. Сивак, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков (Украина) и др. // № 4198681/23–02; Заявл. 24.02.87; не публикуемое (для служебного пользования).
  8. *Патент* 1703210 (СССР), МКИ В21В 1/02. Кассета для продольного разделения горячего раската / Э.В. Сивак, Л.В. Кулаков, С.М. Жучков (Украина) и др. // № 4783254/02; Заявл. 22.11.89; Опубл. 07.01.92, Бюл. № 1.– 3с.
  9. *Патент* 437 (Республика Беларусь), МКИ В21В 1/02. Кассета для продольного разделения горячего раската / Э.В. Сивак, Л.В. Кулаков, С.М. Жучков (Украина) и др. // № 4783254/02; Заявл. 22.11.89; Действует с 08.07.94.
  10. *Непрерывный* мелкосортно – проволочный стан 320/150 Белорусского металлургического завода. / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, В.А.Токмаков и др. // Сталь.– 1987.– № 7.– С. 41 – 46.
  11. *Особенности* калибровки валков и технологии прокатки профилей пускового сортамента мелкосортно – проволочного стана БМЗ. / С.М.Жучков, В.А.Токмаков, О.Е.Петляков и др. // ИЧМ.– ”Черметинформация”.– № 10.– 15.06.88.– № 4534 чм.
  12. *Калибровка* валков и особенности технологии прокатки сортовых профилей на стане 320/150 БМЗ/ С.М.Жучков, Л.В.Кулаков, Э.В.Сивак и др. // Черная металлургия.– Бюл. ин – та ”Черметинформация”.– 1989.– № 8.– С.58 –61.
  13. *Совершенствование* калибровок валков и оценка загрузки линий главных приводов на непрерывном мелкосортно – проволочном стане 320/150 БМЗ. / С.М.Жучков, Е.Я.Подковырин, В.А.Токмаков и др. // Ин-т ”Черметинформация”.– М.– 1991.– (Обзорная информация. Сер. Прокатное производство).– Вып. 3.– 15 с.
  14. *Освоение* технологии прокатки – разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно – проволочном стане 320/150. / А.П. Лохматов, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков и др. // Черная металлургия.– Бюл. ин – та ”Черметинформация”.– 1989.– № 1.– с. 66 – 68.
  15. *Технология* прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке стана на непрерывном мелкосортно – проволочном стане 320/150 БМЗ. / С.М.Жучков, Л.В.Кулаков, Э.В.Сивак и др. // Сб. научн. тр. ”Черная металлургия. Наука. Технология. Производство.” Под ред. д-ра техн. наук И.Г. Узлова // Металлургия.– 1989.– с. 191 – 197.

*Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Г.В.Левченко*