

УДК 621.771

Ишметьев Е.Н.¹, Чистяков Д.В.¹, Панов А.Н.¹, Гузей К.Е.¹, Майорова Е.С.²¹ЗАО «КонсОМ СКС»²ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ СТАНА 2000 ЛПЦ-11 ОАО «ММК» С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Снизить расход электроэнергии без дополнительных финансовых затрат можно путем оптимизации технологии производства. С этой целью был разработан алгоритм обработки параметров процесса прокатки на стане 2000 ЛПЦ-11 ОАО «ММК», который обеспечивает минимизацию удельного расхода электроэнергии и реализацию корректировки скоростного режима.

Ключевые слова: холодная прокатка, электроэнергия, расход, математическая модель.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из приоритетных задач промышленности России является минимизация использования энерго-ресурсов по видам выпускаемой продукции. Снижение затрат на энергоресурсы позволит промышленным предприятиям страны уменьшить стоимость производства, цены на выпускаемую продукцию, тем самым обеспечить рост объема продаж [1].

Металлургия – наиболее крупный потребитель электроэнергии и других энергоресурсов: доля энергозатрат в себестоимости продукции черной металлургии составляет 20-25%, цветной металлургии – 15-20%. В ОАО «ММК» целенаправленно реализуется комплексная программа по повышению эффективности использования энергоресурсов, развивается и совершенствуется система их учета. В рамках ежегодно издаваемого приказа по энергосбережению ведется приборный учет покупных энергоресурсов – природный газ, электроэнергия, пожарно-питьевая вода (остальные виды энергоресурсов, которые используются в технологии, комбинат вырабатывает самостоятельно), осуществляется учет выработки и потребления собственных энергетических ресурсов [2].

Новый комплекс холодной прокатки стана 2000 предназначен для выпуска высококачественного холоднокатаного и оцинкованного металлопроката для нужд автомобилестроения, производителей бытовой техники и строительной отрасли. Для организации аналитики потребления электроэнергии в условиях стана 2000 ЛПЦ-11 ОАО «ММК» специалистами инженеринговой компании ЗАО «КонсОМ СКС» было выполнено исследование скоростных режимов холодной прокатки. Целью проекта является получение объективной информации о реальном потреблении электроэнергии на производстве; анализ полученных данных с целью выявления потерь и неэффективного потребления электроэнергии; разработка мероприятий, позволяющих повысить энергоэффективность предприятий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Количество электроэнергии, необходимое для прокатки одного рулона стали, определяется момен-

том, скоростью и временем прокатки. Момент прокатки прямо зависит от усилий прокатки.

Мощность прокатки определяется выражением

$$P = M \cdot \omega, \quad (1)$$

где P – мощность прокатки; M – момент прокатки; ω – угловая скорость валков.

С увеличением скорости будет расти мощность прокатки, а время прокатки – уменьшаться и наоборот.

Количество электроэнергии для прокатки одного рулона определяется как мощностью, так и временем прокатки:

$$W = \int P dt, \quad (2)$$

т.е. увеличение скорости прокатки уменьшает время, но увеличивает мощность прокатки. Очевидно, что для каждого сортамента существует скорость, при которой потребление электроэнергии для прокатки одного рулона будет минимальным.

Для решения поставленной задачи была сделана и обработана выборка следующих параметров:

- усилие прокатки;
- электрическая мощность;
- момент прокатки;
- скорость линии прокатки после пятой клетки.

Первые три параметра регистрировались для каждой клетки стана холодной прокатки 2000. Данные записывались за один час, при прокатке одного сортамента, с дискретой 5 с. Всего было сделано около 1000 записей, что позволило получить после обработки достоверные данные. Частичный объем выборки представлен в таблице.

На рис. 1, 2 приведены зависимость расхода электроэнергии для прокатки пяти и восьми рулонов соответственно при разных скоростях прокатки, построенные по **таблице**.

Установившиеся скорости для каждого рулона: 1 – 1149 м/мин; 2 – 1256 м/мин; 3 – 1273 м/мин; 4 – 1280 м/мин; 5 – 1290 м/мин.

Из графиков видно, что зависимость расхода электроэнергии от скорости прокатки, при прочих равных условиях, носит нелинейный характер и представляет из себя U -образную кривую с выраженным минимумом.

© Ишметьев Е.Н., Чистяков Д.В., Панов А.Н., Гузей К.Е., Майорова Е.С., 2016

С другой стороны, уменьшение скорости прокатки ведет к снижению производительности, поэтому для определения оптимальной скорости прокатки, с целью минимизации расхода электроэнергии и сохранения приемлемой производительности стана, необходимо

оценивать удельный расход электроэнергии на тонну проката на основе выборки для всего сортамента ЛПЦ-11. Для достижения этой цели была разработана математическая модель, блок-схема которой приведена на рис. 3.



Рис. 1. Расход электроэнергии для прокатки пяти рулонов



Рис. 2. Расход электроэнергии для прокатки восьми рулонов

Частичный объем обрабатываемой выборки

TIMER	Усилие прокатки, клеть 1, кН	Эл. энергия, клеть 1, кВт·ч	Мощность прокатки, клеть 1, кВт	Усилие прокатки, клеть 2, кН	Эл. энергия, клеть 2, кВт·ч	Мощность прокатки, клеть 2, кВт	Усилие прокатки, клеть 3, кН	Эл. энергия, клеть 3, кВт·ч	Мощность прокатки, клеть 3, кВт	Скорость линии, м/мин
15:02:00	11523,54		301,20	11305,62		752,00	10429,54		719,00	179,99
15:02:00	11567,29	0,42	298,50	11124,08	1,04	714,00	10433,05	1,00	692,00	212,92
15:02:00	11668,94	0,41	305,90	10650,94	0,99	733,00	10076,96	0,96	1265,00	514,74
15:02:23	11607,81	0,42	889,80	10435,57	1,02	1923,00	9890,95	1,76	1830,00	619,90
15:02:28	11810,83	1,24	1180,90	10157,84	2,67	1924,00	9626,49	2,54	3177,00	938,22
15:02:33	11842,32	1,64	1594,30	10285,02	2,67	3694,00	9587,51	4,41	3095,00	1008,40
15:02:38	12210,59	2,21	2103,40	10345,99	5,13	3378,00	9595,52	4,30	4824,00	1110,29
15:02:43	11983,39	2,92	2017,80	10379,76	4,69	4107,00	9616,25	6,70	4837,00	1208,15
15:02:48	11898,16	2,80	2169,80	10372,54	5,70	4617,00	9619,75	6,72	4061,00	1208,15
15:02:53	11677,70	3,01	1977,20	10458,61	6,41	4555,00	9544,47	5,64	4061,00	1271,57
15:02:58	11712,07	2,75	2068,40	10557,98	6,33	4764,00	9559,40	5,64	4633,00	1324,07
15:03:03	12005,08	2,87	2365,50	10593,28	6,62	4987,00	9615,50	6,43	5435,00	1298,34
15:03:08	11675,87	3,29	2210,30	10499,82	6,93	4763,00	9626,04	7,55	4457,00	1273,75
15:03:13	11671,23	3,07	2080,40	10515,11	6,62	4764,00	9649,81	6,19	4153,00	1274,06
15:03:18	11776,06	2,89	2091,70	10621,19	6,62	4758,00	9651,27	5,77	4325,00	1274,23
15:03:23	11673,86	2,91	2205,70	10652,30	6,61	4946,50	9710,78	6,01	4308,50	1274,41
15:03:30	11750,78	3,06	2211,40	10544,96	6,87	4809,00	9726,11	5,98	4308,00	1274,71
15:03:35	11552,04	3,07	2236,00	10548,61	6,68	4877,00	9707,63	5,98	4310,00	1275,23
15:03:40	11290,64	3,11	2059,60	10699,91	6,77	4925,00	9682,15	5,99	4253,00	1276,38

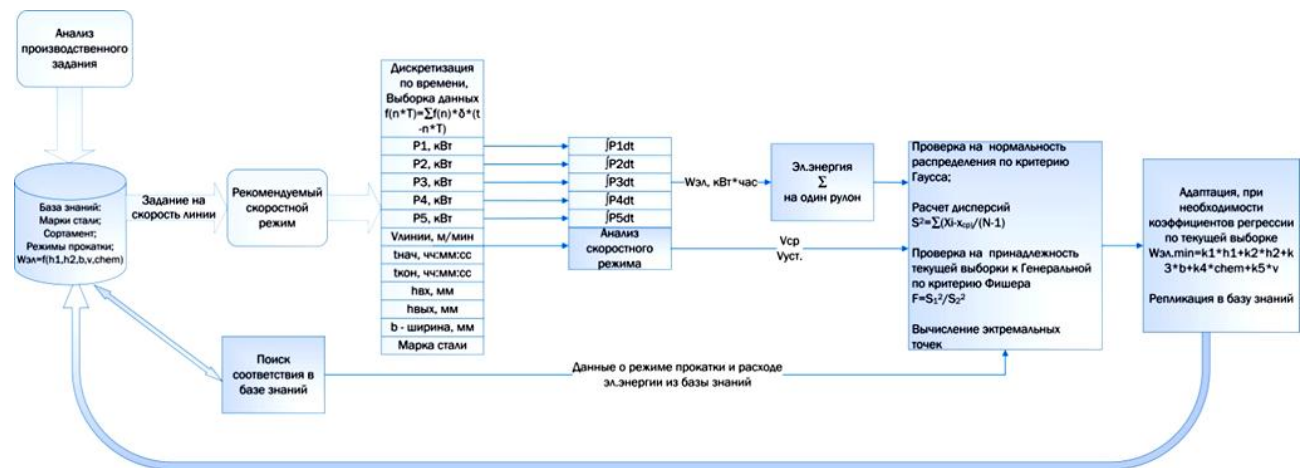


Рис. 3. Алгоритм работы математической модели

Алгоритм работы математической модели состоит из следующих шагов:

1. Анализ производственного задания.
2. Формирование задания на скорость технологической линии из базы знаний на основе информации об используемой марке стали, прокатываемого сортамента, режима прокатки и технологических параметров и рекомендуемый скоростной режим.
3. Выборка параметров прокатки с дискретизацией по времени.
4. Вычисление расхода электроэнергии на один рулон и анализ скоростного режима.
5. Проверка текущей выборки значений на принадлежность генеральной выборке, хранящейся в базе данных по критерию Фишера.
6. Адаптация при необходимости коэффициентов регрессии и репликация их в базу знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье вопросы экономии электроэнергии и повышения энергоэффективности прокатного производства являются актуальными. В статье

рассмотрены скоростные режимы холодной прокатки стали для различного сортамента и марок сталей. Показано, что для каждого сортамента существует оптимальная с точки зрения расхода электроэнергии скорость прокатки. Разработанная адаптивная модель позволяет в реальном времени выбирать рекомендованную скорость прокатки для текущего сортамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация потребления энергоресурсов на предприятии / Е.С. Майорова, В.А. Ошурков, М.Г. Бубер, Л.С. Цуприк // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов IV Всерос. науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИИМ'2015) с международным участием, посвящённой 95-летию основания кафедры и университета (Екатеринбург, 26–27 марта 2015 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2015. 384 с.
2. <http://www.mcena.ru/novosti/4725>.
3. <http://www.rudmet.ru/news/4870/>.
4. Основы инженерного эксперимента: учеб. пособие / Лукьянов С.И., Панов А.Н., Васильев А.Е. М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 99 с.

INFORMATION IN ENGLISH

ANALYSIS OF HIGH-SPEED MODES OF STEEL COLD ROLLING TO MINIMIZE POWER CONSUMPTION IN WORKSHOP NO.11 AT OJSC «MAGNITOGORSK IRON AND STEEL WORKS»

Ishmetiev E.N., Chistyakov D.V., Panov A.N., Gusev K.E., Mayorova E.S.

Optimization of production processes helps to reduce electric power consumption without additional financial outlays. To achieve this objective an algorithm was developed, which makes it possible to manipulate cold rolling process parameters, minimize electric power consumption and adjust mill roll speed.

Keywords: Cold rolling, electric power, consumption, mathematical model.

REFERENCES

1. Mayorova E.S., Oshurkov V.A., Buber M.G., Tsuprik L.S. Optimizatsiya potrebleniya energoresursov na predpriyatii [Optimization of Power Consumption of Enterprise]. *Heat*

engineering and informatics in education, science and manufacture: collection of reports of IV All-Russian scientific conference of students, post-graduate students and young scientists (TIIM'2015) with foreign participants devoted to the 95th anniversary of the Department and University foundation (Yekaterinburg, March 26–27, 2015). Yekaterinburg, UrFU, 2015, 384 p.

2. <http://www.mcena.ru/novosti/4725>
3. <http://www.rudmet.ru/news/4870/>
4. Lukyanov S.I., Panov A.N., Vasilyev A.E. *Basics of engineering experiment: training manual.* Moscow: Publishing center RIOR, NITs INFRA-M, 2014, 99 p.