

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

(Западно–Сибирское
отделение)

Выпуск 20,
2017 г.

Редакционная коллегия

Е.В. Протопопов

(отв. редактор)

М.В. Темлянец

(зам. отв. редактора)

К.Г. Громов

В.Г. Лукьянов

В.Н. Нестеров

В.М. Самаров

П.С. Чубик

С.М. Простов

Печатается по решению

Президиума

Западно–Сибирского

отделения Российской

академии

естественных наук

© Российская академия
естественных наук,
Западно–Сибирское
отделение, 2017

© Издательский центр
Сибирского
государственного
индустриального
университета

Адрес редакции: 654007

г. Новокузнецк, ул.

Кирова, 42,

Сибирский

государственный

индустриальный

университет

тел. 8–3843–78–44–55

http: www.sibsiu.ru

ISSN 2311–9519

Содержание

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	3
<i>В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова</i>	
Геологическое приложение геотермии как метода разведочной геофизики (на примере оценки позднеэоценовой эрозии на площадях п-ова Ямал).....	3
<i>В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова</i>	
Геотемпературные условия генерации баженовских нефтей в Колтогорском мезопрогибе.....	9
<i>С.И. Панычев, В.Г. Лукьянов</i>	
Основные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области.....	15
<i>И.Г. Яценко</i>	
Физико-химические свойства сернистой нефти.....	26
<i>И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук</i>	
Особенности трудноизвлекаемых нефтей высокого качества в криолитозоне Западной Сибири.....	41
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА	52
<i>В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина</i>	
Геологические факторы выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза.....	52
<i>М.С. Паровинчак, В.Г. Лукьянов, О.М. Гринев, В.Н. Ростовцев</i>	
Освоение Бакчарского железорудного месторождения в Томской области – главный проект стратегии развития Сибири на ближайшие десятилетия.....	57
<i>С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, В.В. Зайковский, Е.В. Николаев</i>	
О проблемах математического моделирования процессов переноса импульса, тепла и массы в углеводородных вязких средах в условиях сложного движения и тепломассопереноса в трубопроводах.....	67
МЕТАЛЛУРГИЯ	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянец, С.В. Фейлер</i>	
Исследование потерь тепла через футеровку конвертера с применением математической модели.....	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянец, С.В. Фейлер, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский</i>	
Современные технологии выплавки стали с использованием железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков.....	95
<i>Р.А. Шевченко, С.Н. Кратько, П.Е. Шишкин, Н.А. Козырев, В.И. Базайкин</i>	
Оптимизация технологических параметров процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 методами математического моделирования.....	101
<i>Р.А. Шевченко, В.И. Базайкин, С.Н. Кратько, Н.А. Козырев, П.Е. Шишкин</i>	
Исследование токового режима сварочной машины К1000 при сварке рельсов.....	106
<i>С.В. Князев, Д.В. Скопич, Е.А. Фатьянова, А.А. Усольцев, А.И. Куценко</i>	
Ключевые показатели качества литой стали.....	111
<i>Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.О. Патрушев, С.Н. Кратько, Р.Е. Крюков</i>	
Определение оптимальных режимов работы рельсосварочной машины К1000.....	118
АГРОТЕХНОЛОГИИ	127
<i>В.И. Мяленко</i>	
Резервы повышения производительности земледельческих орудий.....	127

<i>В.И. Мясенко</i>	
Метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций.....	131
<i>Л.Я. Макаренко, Н.В. Берестова</i>	
Комплексное изучение различных пород кроликов при акселерационном способе содержания для использования на продовольственные цели Кемеровской области.....	134
<i>Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева</i>	
Влияние гуминатрина на биологические и хозяйственные признаки сортов овса в условиях лесостепи Кемеровской области.....	139
<i>А.П. Гришкова, Н.А. Чалова, А.А. Аришин</i>	
Влияние генотипа терминальных хряков на продуктивность финального гибрида.....	144
<i>В.М. Самаров</i>	
Почвозащитная обработка почвы в Кузнецкой котловине.....	150
<i>С.Н. Рассолов, С.Н. Витязь</i>	
Переваримость питательных веществ ремонтных свинок при использовании иммунонутриентов в их рационе.....	153
<i>С.И. Рудакова</i>	
Биологическая составляющая технологии возделывания гороха и ее экологическая оценка.....	156
БИОМЕДИЦИНА И ЭКОЛОГИЯ.....	161
<i>В.В. Захаренков, И.В. Виблая</i>	
О внедрении в г. Новокузнецке комплексной муниципальной целевой программы «Образование и здоровье».....	161
<i>В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова</i>	
Определение взаимозависимости между содержанием озона в атмосферном воздухе и содержанием ряда загрязняющих примесей.....	164
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях.....	169
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Семейная политика и материнский капитал как меры воздействия на рождаемость в России.....	175
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Новые меры поддержки семей с детьми на региональном уровне.....	181
<i>А.А. Короткевич, Е.И. Рыбалко, М.Г. Жестикова, В.Е. Хомичева</i>	
Клинико-социальные аспекты реабилитации пациентов с цереброваскулярной болезнью в условиях первичного сосудистого отделения.....	187
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ.....	195
<i>Ю.П. Холушкин</i>	
Системная классификация понятия «Дифференцированное цитирование».....	195
ЭКОНОМИКА И СОЦИОЛОГИЯ.....	201
<i>В.А. Эпштейн, А.А. Гаспарян</i>	
15 лет денонсации договора ПРО и современное состояние российско-американского ракетно-ядерного противостояния.....	201
ЮБИЛЕИ.....	210
РЕФЕРАТЫ.....	215

Таким образом снижение затрат на производство стали при частичной замене металлического лома железосодержащими отходами и технологические показатели окислительного рафинирования металла в 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» свидетельствуют об экономических перспективах процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петракова, Т.М. Итоги работы предприятий черной металлургии России за 9 мес. 2016 г. / Т.М. Петракова, И.М. Иванова // Черная металлургия. – 2017. – № 1. – С. 3 – 16.
2. Кузнецов, С.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов: монография / С.Н. Кузнецов, Е.П. Волюнкина, Е.В. Протопопов, В.Н. Зоря. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2014. – 294 с.
3. Протопопов, Е.В. Исследование особенностей формирования гарнисажа на футеровке большегрузных конвертеров при использовании высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.А. Пермяков, А.Н. Калиногорский // Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2013. – № 4. – С. 32 – 35.
4. Протопопов, Е.В. Исследование фазовых равновесий в шлаковом расплаве при выплавке стали с использованием высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.Н. Калиногорский, Н.Ф. Якушевич // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2016. № 18. С. 64 – 69.
5. Amelin, A.V. Formation of magnesia-slag coating on the lining of large converters / A.V. Amelin, E.V. Protopopov, A.N. Kalinogorskii, S.V. Feiler // Steel in Translation. – 2014. – Vol. 44. – № 7. – P. 513 – 516.

УДК 625.143.48

*Р.А. Шевченко¹, С.Н. Кратько², П.Е. Шишкин¹, Н.А. Козырев¹,
В.И. Базайкин¹*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ К1000 МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк

²ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный

Самым широко используемым методом сварки рельсов в России является электроконтактный способ (ЭС). При этом основную часть рельсов сваривают

на стационарных рельсосварочных предприятиях и небольшую часть стыков путевыми рельсосварочными самоходными машинами [1]. В стационарных условиях рельсы сваривают с помощью машин МСР 63.01, К1000 и К1100. Сварку в пути производят с помощью самоходных машин, оборудованных подвесными рельсосварочными головками МСР 80.01, К900, К922.

При электроконтактном способе нагрев происходит в результате выделения тепла от пропуска электрического тока между торцами свариваемых рельсов. При соприкосновении торцов происходит процесс оплавления и в момент достижения на торцах равномерно оплавленного слоя производят осадку.

В работах [2, 3] нами проводилась оптимизация параметров сварки рельсов на машине К1100. В данной работе проводили исследование по оптимизации процесса контактной сварки рельсов типа Р65 на машине К1000 в условиях РСП-29.

Технологический процесс электроконтактной сварки рельсов делится на этапы: I этап оплавления, II этап оплавления, форсировка, осадка, гратосъем. Параметрами каждого этапа сварки являются: сила тока I , А; напряжение U , В; величина перемещения подвижной станины S , мм; давление в гидросистеме P , атм; скорость перемещения подвижной станины V , мм/с; длительность каждого этапа T , с. Каждый технологический этап имеет свою продолжительность, внутри которого контролируемые параметры изменяются в широком диапазоне. Для вышеописанных этапов при сварке на машине К1000 обычно используют значения основных параметров, приведенных в таблице 1.

Весь процесс сварки полнопрофильных рельсов контролировался с записью в память компьютера основных параметров, по трем характерным значениям: минимум, максимум и среднее. Данные параметры во время процесса сварки фиксировались и сохранялись в базе данных в табличном и при необходимости в графическом виде.

Таблица 1 – Интервалы значений основных параметров сварки на машине К1000

№	Название этапа	Интервалы значений параметров сварки					
		T , сек	I , А	U , В	P , атм	V , мм/с	S , мм
1	I этап оплавления	22-45	36 - 1131	46-427	12-47	0,00-3,00	2,5-3,9
2	II этап оплавления	75-130	30-716	266-389	21-33	0,00-3,00	5,9-6,6
3	Форсировка	4,1-6,8	95-899	283-422	20-29	0,00-3,00	5,8-7,0
4	Осадка	1,4-1,5	213-1187	361-411	16-132	5,00-8,20	16,9-17,4
5	Гратосъем	1	13-290	17-306	71-108	0,00–1,00	0,1-1,0

Для описания процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 в данной работе применяли метод статистического моделирования. На качество сварного шва рельсов влияют технологические параметры сварки: I , U , S , P , V – это независимые (входные) переменные. Зависимыми (выходными) параметрами являются результаты механических испытаний контрольного образца – это значения усилия, возникающего при изгибе $P_{изг}$, (кН) и значения

стрелы прогиба $f_{пр}$ (мм) при которых происходит разрушение контрольного образца, либо максимальные значения данных показателей, если образец не разрушился во время испытаний.

После обработки данных производственного контроля и параметров сварочных режимов были получены таблицы, состоящие из 100 наблюдений для каждого этапа, в которых приведены основные фактические значения сварочных режимов и результаты испытаний сварных соединений, полученных на машине контактной стыковой сварки K1000.

На основе полученных производственных данных была проведена их статистическая обработка при помощи статистического пакета STATISTICA 6.0. Оценка влияния параметров сварочных режимов на величину усилия, возникающего при изгибе $P_{изг}$ (кН) и значение стрелы прогиба $f_{пр}$ (мм) проводилась средствами многофакторного корреляционного анализа, который позволяет изучить зависимость изменяющегося показателя от поведения различных факторов, описанного в работе [4].

Вычисление коэффициентов регрессионных уравнений производили матричным методом с использованием пакета STATISTICA 6.0. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + \dots + B_n \cdot X_n, \quad (1)$$

где Y - зависимый (выходной) параметр;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ – независимые (входные) переменные;

$B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ - коэффициенты регрессии.

На каждом этапе (I этап оплавления, II этап оплавления, форсировка, осадка, гратосъем) были построены регрессионные модели с выходными параметрами $P_{изг}$ и $f_{пр}$ и рассчитаны коэффициенты детерминации:

- модели на I этапе оплавления

$$P_{изг} = 8926,75 - 176,78 \cdot V_{ср} + 57,99 \cdot V_{мин} - 80,01 \cdot V_{макс} + 19,73 \cdot S_{прип} - 1,52 \cdot S_{поз} - 118,99 \cdot P_{ср} - 38,04 \cdot P_{мин} + 12,92 \cdot P_{макс} - 8,08 \cdot U_{ср} - 0,06 \cdot U_{мин} + 2,72 \cdot U_{макс} - 1,28 \cdot I_{ср} - 2,02 \cdot I_{мин} - 0,04 \cdot I_{макс} - 0,72 \cdot T_{длит}; R^2 = 0,26; (1.1)$$

$$f_{пр} = 2318,77 - 36,54 \cdot V_{ср} - 25,96 \cdot V_{мин} - 3,40 \cdot V_{макс} + 5,97 \cdot S_{прип} + 0,31 \cdot S_{поз} - 14,71 \cdot P_{ср} - 9,62 \cdot P_{мин} + 5,35 \cdot P_{макс} - 3,45 \cdot U_{ср} - 0,03 \cdot U_{мин} + 0,22 \cdot U_{макс} - 0,32 \cdot I_{ср} - 1,39 \cdot I_{мин} - 0,11 \cdot I_{макс} - 0,33 \cdot T_{длит}; R^2 = 0,16; (1.2)$$

- модели на II этапе оплавления

$$P_{изг} = 1306,59 + 26,10 \cdot V_{ср} - 221,94 \cdot V_{мин} + 77,83 \cdot V_{макс} - 1,10 \cdot S_{прип} - 2,14 \cdot S_{поз} - 41,04 \cdot P_{ср} + 28,79 \cdot P_{мин} + 118,61 \cdot P_{макс} + 25,56 \cdot U_{ср} - 31,03 \cdot U_{мин} + 2,05 \cdot U_{макс} - 3,47 \cdot I_{ср} + 1,54 \cdot I_{мин} + 0,64 \cdot I_{макс} - 0,55 \cdot T_{длит} - 0,25 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,25; (2.1)$$

$$f_{пр} = - 2397,14 - 37,61 \cdot V_{ср} - 50,36 \cdot V_{мин} + 57,72 \cdot V_{макс} + 5,94 \cdot S_{прип} + 0,51 \cdot S_{поз} - 22,82 \cdot P_{ср} + 21,44 \cdot P_{мин} + 53,68 \cdot P_{макс} - 13,89 \cdot U_{ср} + 16,47 \cdot U_{мин} + 0,95 \cdot U_{макс} - 2,03 \cdot I_{ср} + 0,45 \cdot I_{мин} + 0,92 \cdot I_{макс} - 0,13 \cdot T_{длит} + 0,06 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,26; (2.2)$$

- модели на этапе форсировки

$$P_{изг} = 7709,30 - 80,40 \cdot V_{ср} + 80,08 \cdot V_{мин} - 3,34 \cdot V_{макс} + 8,78 \cdot S_{прип} + 5,73 \cdot S_{поз} + 6,45 \cdot P_{ср} + 3,73 \cdot P_{мин} - 3,73 \cdot P_{макс} - 30,15 \cdot U_{ср} + 2,09 \cdot U_{мин} + 15,48 \cdot U_{макс} - 0,63 \cdot I_{ср} + 0,72 \cdot I_{мин} - 0,04 \cdot I_{макс} - 5,36 \cdot T_{длит} - 0,56 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,22; (3.1)$$

$$f_{пр} = 4081,96 - 34,12 \cdot V_{ср} + 19,25 \cdot V_{мин} - 5,49 \cdot V_{макс} - 0,67 \cdot S_{прип} + 2,09 \cdot S_{поз} + 3,07 \cdot P_{ср} + 10,95 \cdot P_{мин} - 3,59 \cdot P_{макс} - 16,26 \cdot U_{ср} + 0,88 \cdot U_{мин} + 5,80 \cdot U_{макс} - 0,29 \cdot I_{ср} + 0,52 \cdot I_{мин} - 0,02 \cdot I_{макс} - 1,28 \cdot T_{длит} - 0,09 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,12; (3.2)$$

- модели на этапе осадки

$$P_{изг} = 7928,54 - 70,16 \cdot V_{ср} + 0,03 \cdot V_{макс} - 28,50 \cdot S_{прип} + 4,99 \cdot S_{поз} + 2,88 \cdot P_{ср} + 1,21 \cdot P_{мин} + 14,62 \cdot P_{макс} - 8,51 \cdot U_{ср} - 0,21 \cdot U_{мин} + 3,06 \cdot U_{макс} - 10,63 \cdot I_{ср} + 0,67 \cdot I_{мин} + 10,22 \cdot I_{макс} - 45,47 \cdot T_{длит} - 0,48 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,16; (4.1)$$

$$f_{пр} = 3518,95 - 73,49 \cdot V_{ср} - 0,49 \cdot V_{макс} - 22,23 \cdot S_{прип} + 2,20 \cdot S_{поз} + 5,56 \cdot P_{ср} + 1,62 \cdot P_{мин} + 11,96 \cdot P_{макс} + 10,93 \cdot U_{ср} - 8,80 \cdot U_{мин} - 2,83 \cdot U_{макс} + 0,58 \cdot I_{ср} - 0,15 \cdot I_{мин} - 0,76 \cdot I_{макс} - 52,15 \cdot T_{длит} - 0,11 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,13; (4.2)$$

- модели на этапе гратосъема

$$P_{изг} = 2515,56 - 562,14 \cdot V_{ср} + 75,23 \cdot S_{прип} + 7,42 \cdot S_{поз} + 96,69 \cdot P_{ср} - 46,47 \cdot P_{мин} - 52,16 \cdot P_{макс} + 15,03 \cdot U_{ср} + 10,54 \cdot U_{мин} - 11,55 \cdot U_{макс} + 14,06 \cdot I_{ср} - 23,37 \cdot I_{мин} + 2,22 \cdot I_{макс} - 0,58 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,21; (5.1)$$

$$f_{пр} = -549,68 - 388,49 \cdot V_{ср} + 71,85 \cdot V_{макс} + 3,20 \cdot S_{поз} + 37,58 \cdot P_{ср} - 17,04 \cdot P_{мин} - 22,16 \cdot P_{макс} + 14,93 \cdot U_{ср} - 14,36 \cdot U_{мин} - 1,74 \cdot U_{макс} + 6,48 \cdot I_{ср} - 7,79 \cdot I_{мин} - 1,30 \cdot I_{макс} - 0,14 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,12; (5.2)$$

Коэффициенты детерминации для каждого этапа имеют низкое значение, это говорит о том, что входные переменные на каждом отдельном этапе процесса контактной сварки не в полной мере отражают полноту своего влияния на выходные параметры. Очевидно, что каждый из этапов оказывают влияние на выходные параметры, но полное влияние входных переменных можно оценить только в совокупности этих этапов.

При исключении неудовлетворяющих параметры по t-критерию Стьюдента получили следующие модели, описывающие весь процесс в целом:

$$P_{изг} = 1773,18 - 0,79 \cdot T_{нач5} - 1,34 \cdot I_{ср4} + 138,35 \cdot V_{мин3} + 7,43 \cdot U_{макс3} + 91,65 \cdot V_{макс2} + 1,47 \cdot U_{макс2} + 6,95 \cdot P_{макс1} + 16,41 \cdot S_{прип1} - 36,77 \cdot P_{мин1}; R^2 = 0,71; (6.1)$$

$$f_{пр} = -3199,48 + 13,4 \cdot U_{ср5} - 3,57 \cdot I_{мин5} - 0,05 \cdot T_{мин5} - 62,64 \cdot V_{ср4} + 14,11 \cdot P_{ср4} - 0,01 \cdot I_{мин4} - 1,31 \cdot I_{макс4} + 3,32 \cdot S_{мин3} + 34,71 \cdot V_{макс2} + 10,78 \cdot S_{прип2} + 31,06 \cdot P_{мин2} + 1,11 \cdot U_{макс2} + 1,17 \cdot I_{макс2} + 3,65 \cdot P_{макс1}; R^2 = 0,66; (6.2)$$

Полученные уравнения регрессии учитывают влияние каждого технологического этапа процесса контактной сварки рельсов на выходные свойства. Данные модели имеют достаточно высокие коэффициенты детерминации, по t-критерию Стьюдента коэффициенты регрессии всех

входных переменных значимы, а также модель является адекватной по F-критерию Фишера (для $P_{из}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$: $F_{факт} = 18,9 > F_{кр} = 0,49$; для $f_{пр}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$: $F_{факт} = 8,76 > F_{кр} = 0,54$).

Адекватность данных уравнений регрессии (6.1), (6.2) проверялась по показателю средней ошибки аппроксимации [5]:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{Y_i - \tilde{Y}_i}{Y_i} \right| \cdot 100, \quad (2)$$

где m – количество наблюдений; $\tilde{Y}_i$ – вычисленное значение результирующего показателя; Y_i – фактическое значение результирующего показателя.

Для $P_{из}$ средняя ошибка аппроксимации равна: $\bar{\varepsilon} = 2,5 \%$.

Для $f_{пр}$ средняя ошибка аппроксимации равна: $\bar{\varepsilon} = 8 \%$.

Анализ распределения остатков показал, что явного отклонения от нормального закона распределения не наблюдается, т. е. остатки распределены случайно и в модели отсутствуют неучтенные параметры, влияющие на выходной параметр. Модель пригодна для принятия решений и для прогнозирования.

Выводы:

– Разработаны математические модели процесса контактной сварки рельсов на машине К1000, позволяющие оценить полноту влияния параметров технологического процесса контактной сварки рельсов на качество сварного шва:

$$\begin{aligned} P_{изг} = & 1773,18 - 0,79 * T_{нач5} - 1,34 * I_{ср4} + 138,35 * V_{мин3} + 7,43 * U_{макс3} + \\ & 91,65 * V_{макс2} + 1,47 * U_{макс2} + 6,95 * P_{макс1} + 16,41 * S_{прип1} - 36,77 * P_{мин1}, R^2 = 0,71; \\ f_{пр} = & -3199,48 + 13,4 * U_{ср5} - 3,57 * I_{мин5} - 0,05 * T_{мин5} - 62,64 * V_{ср4} + 14,11 * P_{ср4} - \\ & 0,01 * I_{мин4} - 1,31 * I_{макс4} + 3,32 * S_{мин3} + 34,71 * V_{макс2} + 10,78 * S_{прип2} + 31,06 * P_{мин2} \\ & + 1,11 * U_{макс2} + 1,17 * I_{макс2} + 3,65 * P_{макс1}, R^2 = 0,66. \end{aligned}$$

– С помощью регрессионных моделей предлагается прогнозировать качество сварного шва и управлять технологическими параметрами процесса контактной сварки рельсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев Н. А. Современные методы получения бесстыковых рельсов / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, Р. А. Шевченко, П. Е. Шишкин // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении: сборник трудов Международной научно-практической конференции 18-21 апреля 2017 года / под ред. А. Н. Смирнова. – Кемерово: КузГТУ, 2017. с 123 - 127.

2. Шевченко Р.А. Статистическая модель управления процессами контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, А.О. Патрушев, П.Е. Шишкин // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 4 - 8

3. Шевченко Р.А Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А.

Усольцев, Л.П. Бащенко, С.В. Князев // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 12 – 15.

4. Анализ данных в материаловедении. Ч. 2. Регрессионный анализ: учеб. пособие / А. С. Мельниченко. – М.: Изд-во Дом МИСиС, 2014. – 87 с.

5. Практикум по теории статистики: Учеб. пособие / Р. А. Шмойлова и [др]; под ред. Р. А. Шмойловой. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Финансы и статистические, 2006. – 416 с.

УДК 625.143.48

***Р.А. Шевченко¹, В.И. Базайкин¹, С. Н. Кратько², Н.А. Козырев¹,
П.Е. Шишкин¹***

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВОГО РЕЖИМА СВАРОЧНОЙ МАШИНЫ K1000 ПРИ СВАРКЕ РЕЛЬСОВ

¹*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

²*ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный*

Электроконтактный способ (ЭС) сварки рельсов наряду с алюмотермитным и другими является наиболее распространенным в РФ. Данный способ позволяет получить наиболее качественное сварное соединение при строительстве и ремонте бесстыковых путей. Технология и оборудование для ЭС постоянно совершенствуется, при этом создаются новые принципы управления процессами на различных этапах.

Существующие методы управления оплавлением при контактной стыковой сварке осуществляются корректировкой задаваемой скорости оплавления в зависимости от текущего значения тока. Это осуществляется изменением установок начала коррекций скорости (ток коррекции $I_{кор}$), тока остановки $I_{ост}$, останавливающего подачу, и тока реверса $I_{рев}$, дающего команду на реверс. Для этого программируемые значения скорости и тока оплавления, реализующие обратную связь $I_{кор}$, $I_{ост}$, $I_{рев}$, подбирают таким образом, чтобы фактическое среднее значение тока на осциллограмме было в 2 раза меньше тока короткого замыкания, что соответствует максимуму электрической мощности, развиваемой в контакте между оплавляемыми торцами заготовок. Недопустимые отклонения тока форме скачкообразных изменений его величины исключаются благодаря быстродействующей обратной связи, которая также стабилизирует текущее значение сварочного тока.

Корректор скорости оплавления с обратной связью по сварочному току, работает по принципу, показанному на рисунке 1. В точке пересечения кривых мощность, развиваемая машиной (кривая 2), и мощность, необходимая для оплавления деталей (кривая 1), одинаковы, что обеспечивает устойчивое протекание оплавления. При случайном увеличении тока от установившегося