ГРУППА ЧТПЗ

«ПОМОЩНИК СТАЛЕВАРА». АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ДОБАВКАМ ЛЕГИРУЮЩИХ И ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ НА УКП

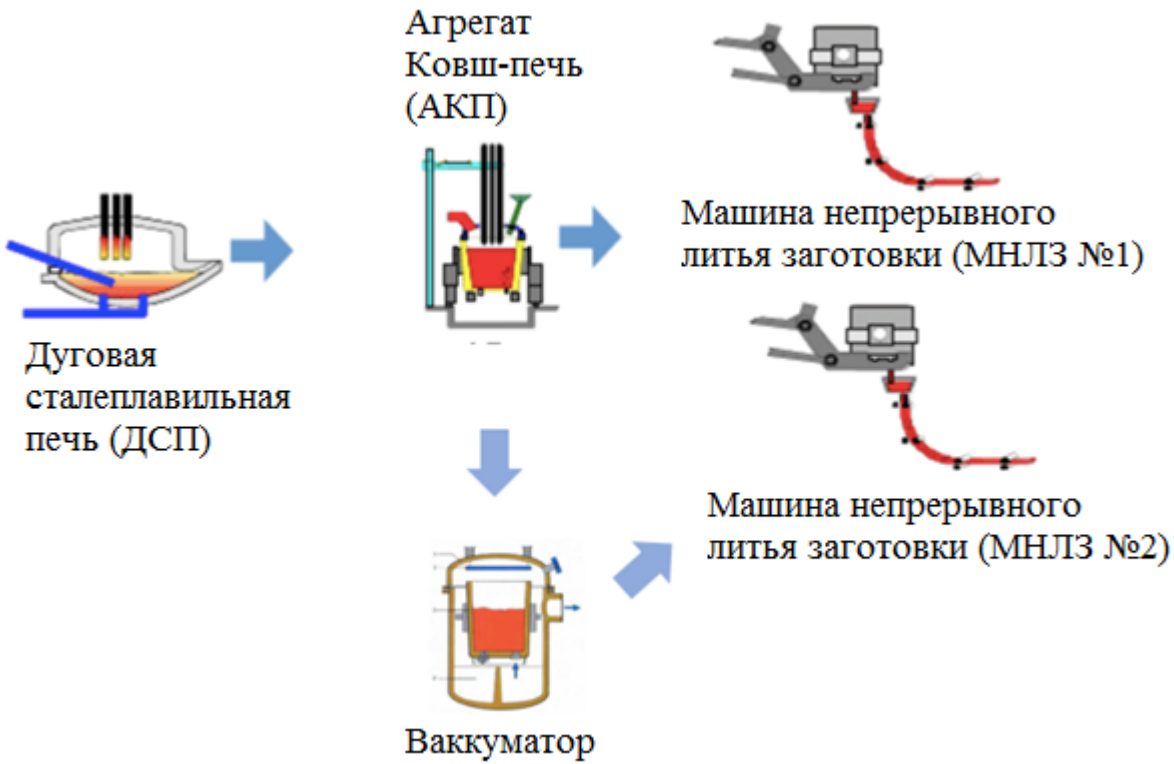
АЛЕКСАНДР ЛУНЕВ, НАЧАЛЬНИК ЦЕНТРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ПАО «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ТРУБОПРОКАТНЫЙ ЗАВОД»

ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

ГРУППА ЧТПЗ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ

ГРУППА ЧТПЗ



МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

ГРУППА ЧТПЗ

Обучающая выборка
множество примеров входных данных и правильных ответов

Входные данные	Ответ
3 4 5	1
2 2 3	0
. . .	
9 2 5	1

Признаковые описания
числовые вектора фиксированной длины, в которых закодирована вся входная информация

Значения целевой переменной
ответы, закодированные числами

Алгоритм машинного обучения

Построенная модель

Новые входные данные

4 6 1

0

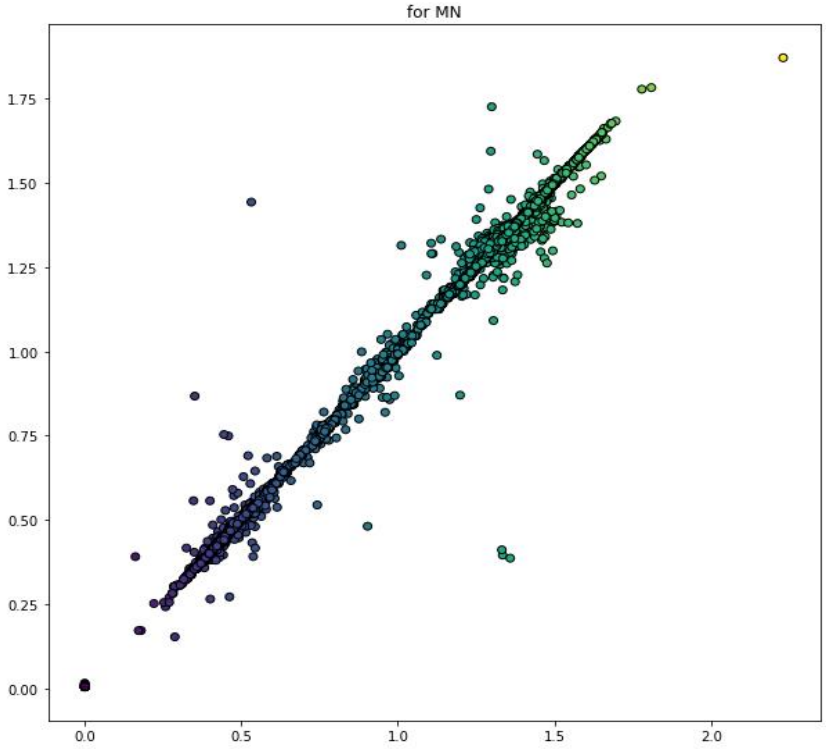
Предсказание

ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

	Первый этап	Второй этап	Третий этап
Описание	1. Сбор данных 2. Создание алгоритма прогнозирования химического состава стали. 3. Создание алгоритма прогнозирования температуры стали в процессе выплавки.	1. Создание рекомендательной модели, которая в режиме реального времени рассчитывает оптимальную навеску шлакообразующих, раскислителей и ферросплавов для получения заданного химического состава стали. 2. Создание удобного интерфейса пользователя для работы рекомендательной системы.	1. Поддержка и доработка программного обеспечения.

ГРУППА ЧТПЗ

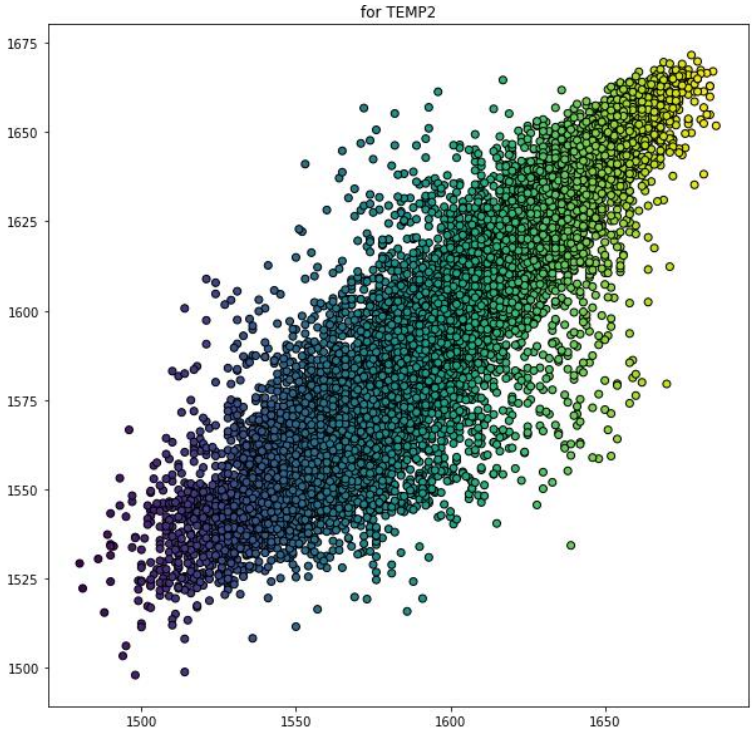
РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ МОДЕЛИ НА ТЕСТОВОЙ ВЫБОРКЕ



Прогнозируемая величина	MAE (средняя абсолютная ошибка)
Углерод	0.0077
Кремний	0.013
Марганец	0.012
Ванадий	0.001
Молибден	0.001
Хром	0.004
Титан	0.0003
Ниобий	0.0006

ГРУППА ЧТПЗ

РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ МОДЕЛИ НА ТЕСТОВОЙ ВЫБОРКЕ



Прогнозируемая величина	MAE (средняя абсолютная ошибка)
Температура	6.2

ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

ГРУППА ЧТПЗ

Номер плавки: 0R8083 Марка стали: 09Г2С Время начала плавки: 2020-10-14 13:04:00 Масса: 129177 кг Александр Лунев

Текущая плавка Продолжительность плавки: 00:28:28 Текущее время: 2020-10-14 13:32:28 Выход

	Время	Тликв	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Al	Mo	Nb	Ti	V	Ca	As	N	Co	B	W	Sn	Сэ
Мин.				1.3	0.5						0.02												
Макс.			0.12	1.7	0.8	0.2	0.25	0.3	0.01	0.015	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04		0.08	0.01		0.0005			
Цель		**1525**		**1.34**	**0.55**						**0.025**												
Модель	2020-10-14 13:32:28	1518	0.074	1.254	0.447	0.141	0.185	0.207	0.015	0.011	0.015	0.026	0.003	0.002	0.004	0.001							0.363

Замеры химического состава

	Время	Тликв	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Al	Mo	Nb	Ti	V	Ca	As	N	Co	B	W	Sn	Сэ
Анализ	2020-10-14 13:26:00	1518	0.0697	**1.2535**	**0.4348**	0.1406	0.1849	0.2072	**0.0182**	0.0108	**0.0182**	0.0265	0.0041	0.0021	0.0037	0.0012	0.0077	0.0092	0.015	0.0005	0.0096	0.022	0.358
ДСП		1530	0.042	0.0806	0.019	0.0984	0.1878	0.2072	0.0339	0.0073	0.3596	0.0262	0.0031	0.0008			0.0073	0.0083				0.022	0.107

Добавки в СК на выпуске ДСП

МНЛЗ №
Время поставки на ППС МНЛЗ:
Заказанная температура МНЛЗ:
Рекомендуемая температура отдачи:

Расчетная температура: 1604 °C

Замеры температуры

Время	Температура, °C	O, ppm
2020-10-14 13:27:00	1611	
2020-10-14 13:16:00	1579	24.442
2020-10-14 13:15:00	1596	
ДСП	1662	1063

Добавки в СК

Вакууматор

Материал	Описание	Время	Факт, кг
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:22:00	43
205075	Алюминий АВ-87 пирамидки	2020-10-14 13:22:00	42
140107	Известь	2020-10-14 13:22:00	199
140107	Известь	2020-10-14 13:19:00	197
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:19:00	52
Всего:			533

Рекомендуемые добавки в СК (все) Скрыть

Материал	Описание	Время	Рекомендация	
			текущая	исходная
202049	ПП-СК30 проволока	2020-10-14 13:31:53	55	55
202107	ФС75	2020-10-14 13:31:53	171	171
202007	MnSi17A	2020-10-14 13:31:53	175	175
140107	Известь	2020-10-14 13:31:53	151	151
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:31:53	51	51
140107	Известь	2020-10-14 13:15:49	151	547
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:15:49	51	146

Расчётный химический состав шлака и его количество

Время	Масса, кг	Al_2O_3	CaO	FeO	MnO	MgO	SiO_2	P_2O_5	CaO/SiO_2
2020-05-11 20:39:47	516	14.37	34.01	0.56	0.11	11.09	25.40	0.05	1.34

ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

ГРУППА ЧТПЗ

Номер плавки: 0R8083 Марка стали: 09Г2С Время начала плавки: 2020-10-14 13:04:00 Масса: 129177 кг Александр Лунев

Текущая плавка

Продолжительность плавки: 00:30:57 Текущее время: 2020-10-14 13:34:57 Выход

Текущая плавка
0R8083
0R8082
0R8081
0R8080
0R8079
0R8078
0R8077
0R8076
0R8075
0R8074
0R8073
0R8072
0R8071
0R8070
0R8069
0R8068
0R8067
0R8066
0R8065

...емя	Тликв	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Al	Mo	Nb	Ti	V	Ca	As	N	Co	B	W	Sn	Сэ
			1.3	0.5						0.02												
		0.12	1.7	0.8	0.2	0.25	0.3	0.01	0.015	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04		0.08	0.01		0.0005			
	1525		**1.34**	**0.55**						**0.025**												
4 13:34:57	1518	0.074	1.254	0.447	0.141	0.185	0.207	0.015	0.011	0.015	0.026	0.003	0.002	0.004	0.001							0.363

...о состава

...емя	Тликв	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Al	Mo	Nb	Ti	V	Ca	As	N	Co	B	W	Sn	Сэ
4 13:26:00	1518	0.0697	**1.2535**	**0.4348**	0.1406	0.1849	0.2072	**0.0182**	0.0108	**0.0182**	0.0265	0.0041	0.0021	0.0037	0.0012	0.0077	0.0092	0.015	0.0005	0.0096	0.022	0.358
	1530	0.042	0.0806	0.019	0.0984	0.1878	0.2072	0.0339	0.0073	0.3596	0.0262	0.0031	0.0008			0.0073	0.0083				0.022	0.107

...пуске ДСП

МНЛЗ №
Время поставки на ППС МНЛЗ:
Заказанная температура МНЛЗ:
Рекомендуемая температура отдачи:

Расчетная температура: 1600 °C

Добавки в СК

Вакууматор

Материал	Описание	Время	Факт, кг
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:22:00	43
205075	Алюминий АВ-87 пирамидки	2020-10-14 13:22:00	42
140107	Известь	2020-10-14 13:22:00	199
140107	Известь	2020-10-14 13:19:00	197
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:19:00	52
Всего:			533

Рекомендуемые добавки в СК (все) Скрыть

Материал	Описание	Время	Рекомендация	
			текущая	исходная
202049	ПП-СК30 проволока	2020-10-14 13:31:53	55	55
202107	ФС75	2020-10-14 13:31:53	171	171
202007	MnSi17A	2020-10-14 13:31:53	175	175
140107	Известь	2020-10-14 13:31:53	151	151
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:31:53	51	51
140107	Известь	2020-10-14 13:15:49	151	547
205065	АТФ-75	2020-10-14 13:15:49	51	146

Замеры температуры

Время	Температура, °C	O, ppm
2020-10-14 13:27:00	1611	
2020-10-14 13:16:00	1579	24.442
2020-10-14 13:15:00	1596	
ДСП	1662	1063

Расчётный химический состав шлака и его количество

Время	Масса, кг	Al_2O_3	CaO	FeO	MnO	MgO	SiO_2	P_2O_5	CaO/SiO_2
2020-05-11 20:39:47	516	14.37	34.01	0.56	0.11	11.09	25.40	0.05	1.34

ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

ГРУППА ЧТПЗ

Александр Лунев

Выход

Дата: 14.10.2020 ОБНОВИТЬ

Номер плавки	Заказанная температура отдачи с АКП	Требуемая температура в промковше (15мин от начала разливки)	Последний замер
0R8067	1550	1520	1552
0R8068	1550	1520	1553
0R8069	1550	1520	1554
0R8070	1550	1520	1551
0R8071	1550	1520	1549
0R8072	1550	1520	1549
0R8073	1550	1520	1554
0R8074	1545	1523	1608
0R8075	1560	1523	1562
0R8076	1535	1515	1603
0R8077	1535	1500	1596
0R8078	1585	1540	1589
0R8079	1535	1500	1581
0R8080	1578	1541	1577
0R8081	1573	1541	1573
0R8082	1573	1541	1596
0R8083			1611

Замеры температуры

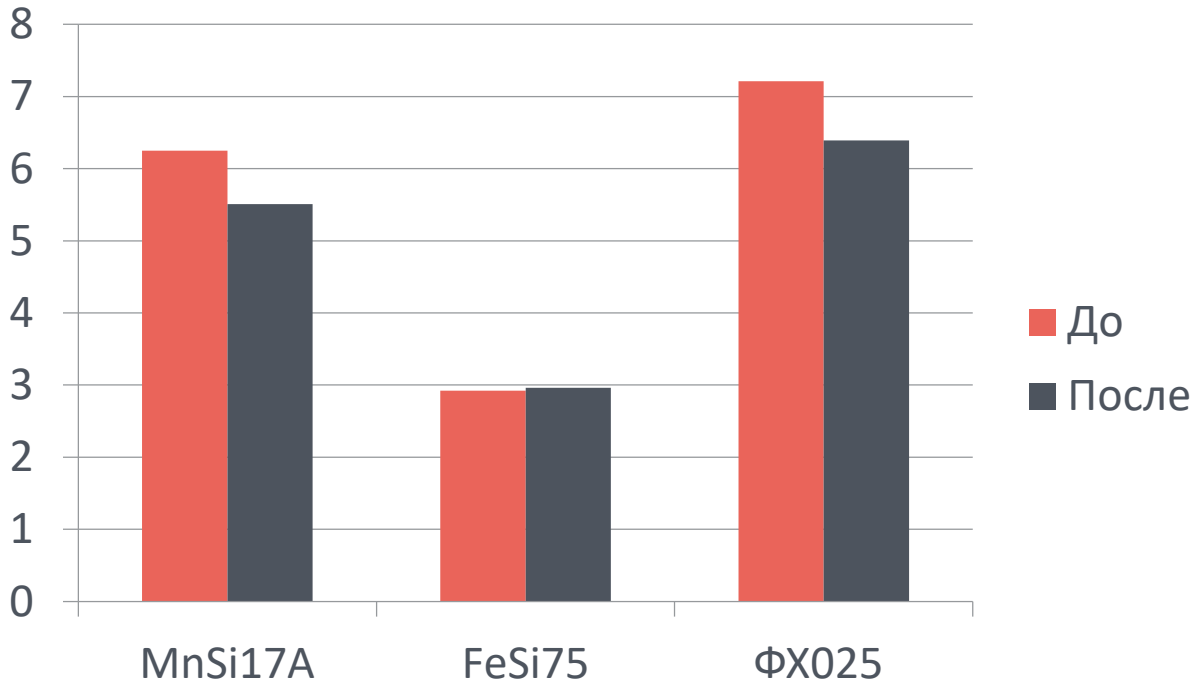
Время	Температура, °C
2020-10-14 00:40:27	1554
2020-10-14 00:54:05	1575
2020-10-14 01:09:00	1551
2020-10-14 01:18:29	1548
2020-10-14 01:21:21	1555
2020-10-14 01:24:25	**1552**

Заказанные температуры

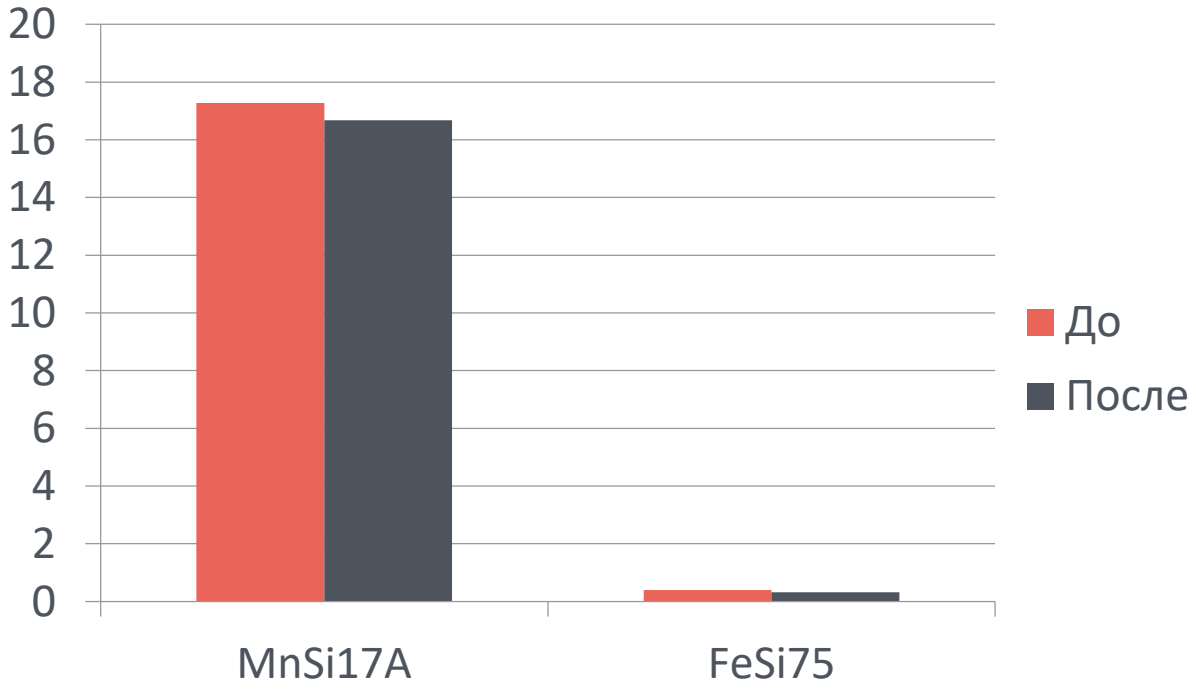
Время заказа	Температура отдачи с АКП, °C	Требуемая температура в промковше (15мин от начала разливки), °C	Автор заказа
14.10.2020 00:53:12	**1550**	**1520**	**Владимир Варес**

РАСХОД ФЕРРОМАТЕРИАЛОВ НА ОДНУ ТОННУ ДЛЯ МАРКИ СТАЛИ 13ХФА ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ «ПОМОЩНИКА СТАЛЕВАРА»

ГРУППА ЧТПЗ

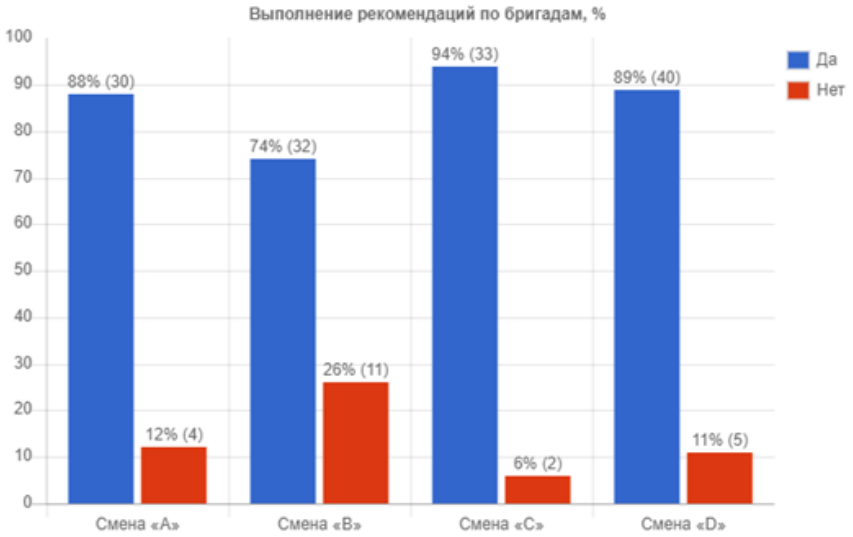


РАСХОД ФЕРРОМАТЕРИАЛОВ НА ОДНУ ТОННУ ДЛЯ МАРКИ СТАЛИ 30Г2 ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ «ПОМОЩНИКА СТАЛЕВАРА»



ВЫПОЛНЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Выполнение рекомендаций по материалу MnSi17A
05-10-2020 г. - 11-10-2020 г.



ГРУППА ЧТПЗ

«ПОМОЩНИК СТАЛЕВАРА». АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ДОБАВКАМ ЛЕГИРУЮЩИХ И ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ НА УКП

АЛЕКСАНДР ЛУНЕВ, НАЧАЛЬНИК ЦЕНТРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ПАО «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ТРУБОПРОКАТНЫЙ ЗАВОД»