

Исследование расхода электроэнергии на технологические цели в электросталеплавильном цехе металлургического предприятия методами корреляционно-регрессионного анализа

 sovman.ru/article/7801/

Поиск по сайту журнала



технология 

Исследование расхода электроэнергии на технологические цели в электросталеплавильном цехе металлургического предприятия методами корреляционно-регрессионного анализа

Авторы

Ефремкова Татьяна Ивановна
кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и отраслевой экономики
Россия, Сибирский государственный индустриальный университет
efremkova@yandex.ru

Аннотация

В работе установлено отсутствие устойчивой статистически значимой зависимости удельного расхода электроэнергии на технологические нужды по основным агрегатам электросталеплавильного цеха (ЭСПЦ) металлургического предприятия от среднемесячной температуры воздуха в городе Новокузнецк и, как следствие, возможности планирования расхода электроэнергии без подразделения исходных данных по периодам года.

Обоснована бóльшая, по сравнению с фактической методикой, эффективность использования для прогноза удельного расхода технологической электроэнергии модели степенной регрессии зависимости от среднесуточного объема производства стали без подразделения данных по периодам года по таким агрегатам ЭСПЦ, как ДСП1 и вакууматор.

Проведено исследование зависимости удельного расхода электроэнергии по основному агрегату цеха – дуговой сталеплавильной печи №2 – от технологических факторов производства. В результате получены адекватные регрессионные модели зависимости от средней (за месяц) длительности плавки, точность прогнозирования по которым сопоставима с точностью прогноза по фактической методике. Полученные регрессионные зависимости могут использоваться в цехе для контроля результатов прогноза по фактической методике, а также для прогноза расхода технологической энергии поплавно.

Ключевые слова

расход электроэнергии на технологические цели, металлургическое предприятие, корреляционно-регрессионный анализ, регрессионные модели зависимости, прогноз расхода технологической энергии.

Категории статьи:

- [Управление промышленным производством](#)

Читайте также



Оценка эффективности планирования расхода электроэнергии на технологические цели в электросталеплавильном цехе металлургического предприятия



Строительное проектирование в условиях экономического роста



Формирование портфеля заказов на предприятиях черной металлургии в условиях экспортирования продукции



Методические подходы к управлению энергоэффективностью предприятия



Кадровое обеспечение объектов по уничтожению химического оружия

Статья также доступна (this article also available):

-  Русский
-  English (Английский)

Рекомендуемая ссылка

Ефремкова Татьяна Ивановна

Исследование расхода электроэнергии на технологические цели в электросталеплавильном цехе металлургического предприятия методами корреляционно-регрессионного анализа// Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. — №6 (78). Номер статьи: 7801. Дата публикации: 2017-06-05 .
Режим доступа: <http://sovman.ru/article/7801/>

Введение

Проведенный нами анализ качества планирования расхода электроэнергии на технологические цели в

электросталеплавильном цехе (ЭСПЦ) металлургического предприятия [1] показал, что несмотря на достаточно высокую эффективность применяемой методики планирования [2] ей свойственны следующие недостатки:

- малый объем выборок, используемых для регрессионного анализа;
- отсутствие учета влияния на расход электроэнергии первичных технологических факторов;
- отсутствие учета случайного характера распределения анализируемых факторов.

Напомним, что использование малых объемов выборок для получения моделей степенной регрессии зависимости удельного расхода технологической электроэнергии по основным агрегатам ЭСПЦ в соответствии с фактической методикой обусловлено двумя факторами:

- гипотезой о влиянии на расход электроэнергии температуры воздуха, и как следствие, проведение анализа данных отдельно по зимнему и летнему периоду года;
- выбором месяца года в качестве наименьшего прогнозного временного интервала.

Таким образом, влияние этих факторов приводит к тому, что максимальное значение объема выборки, подлежащей анализу, не превышает шести месяцев года. Вместе с тем известно, что минимальный объем выборки, на основании которой целесообразно проводить регрессионный анализ, составляет $6 \div 7$ наблюдений в расчете на каждую экзогенную переменную [3]; при меньшем объеме выборки параметры регрессии оказываются статистически незначимыми.

Выявленное на предшествующем этапе исследования [1] несоответствие между высокой адекватностью моделей зимнего периода и низкой точностью прогноза по ним в будущем году и обратной ситуацией, характерной для моделей летнего периода, может являться следствием влияния на адекватность моделей именно малого объема анализируемой выборки.

Таким образом, одной из задач повышения качества планирования расхода электроэнергии в ЭСПЦ является повышение статистической значимости регрессионных моделей, которое может быть достигнуто, как за счет анализа данных без подразделения на зимний и летний периоды года, так и за счет перехода к анализу более коротких временных интервалов (например, суток) или поплавочному анализу данных.

Подразделение данных на зимний и летний периоды при использовании фактической методики обусловлено традиционным подходом в практике анализа режимов энергопотребления различными промышленными и коммунально-бытовыми системами, предполагающим учет влияния метеорологических факторов. Так, например, значимость влияния температуры наружного воздуха на электропотребление на примере крупных энергосистем России показана в работах [4–8]. Однако, если для крупных энергосистем, объединяющих большое количество разнообразных по содержанию процессов энергопотребления, учет фактора температуры воздуха можно считать вполне оправданным, то правомерность распространения такого учета на отдельные технологические процессы не является столь очевидной. Так, закономерности, характерные для технологических процессов, протекающих при относительно низких температурах (при температуре воздуха), а также в агрегатах открытого типа, например, при производстве волокнистых материалов [9], могут быть не свойственны процессам, проходящим при достаточно высоких температурах в агрегатах закрытого типа, к которым и относятся технологии электросталеплавильного производства.

В связи с этим на следующем этапе исследования нами была изучена возможность увеличения объема выборок за счет проведения анализа без подразделения данных по периодам года. Для обоснования целесообразности такого анализа необходимо проверить гипотезу о влиянии на расход энергии фактора температуры воздуха, определяющего выделение в используемой в цехе методике зимнего и летнего периодов анализа.

1. Исследование влияния среднемесячной температуры воздуха на расход электроэнергии в электросталеплавильном цехе

Проверка гипотезы о зависимости удельного расхода технологической электроэнергии от среднемесячной температуры воздуха в г. Новокузнецк проводилась по основным агрегатам электросталеплавильного цеха с использованием такого показателя, как коэффициент корреляции. Анализ осуществлялся на основании данных 2012 и 2013 гг., которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для определения зависимости между удельным расходом электроэнергии по ДСП2 и среднемесячной температурой воздуха в городе Новокузнецк

Месяц года	Значение показателя по месяцам года			
	2012 год		2013 год	
	X	Y	X	Y
Январь	-19,7	418,36	-14,1	452,52
Февраль	-18,8	410,63	-13,5	453,81
Март	-3,5	411,35	-4,2	457,78
Апрель	5,8	415,83	4,8	436,62
Май	11,0	418,12	8,6	433,18
Июнь	21,0	438,91	14,9	423,7
Июль	21,4	436,86	18,4	421,96
Август	17,0	427,18	17,2	425,88
Сентябрь	11,8	444,43	9,1	429,88
Октябрь	2,2	954,76	3,1	426,86
Ноябрь	-6,8	492,02	-1,3	417,83
Декабрь	-22,9	458,11	-6,6	410,4

Примечание: X – среднемесячная температура воздуха в городе Новокузнецк (Климатический монитор, 2012, 2013 [10]), °С; Y – удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т.

Отметим, что из выборки 2012 г. были исключены данные за октябрь месяц, так как в этом периоде, после окончания капитального ремонта ДСП2, была проведена лишь одна тестовая плавка. Результаты проверки гипотезы приведены в таблице 2. Динамика среднемесячной температуры воздуха в г. Новокузнецк и удельного расхода электроэнергии на примере основного агрегата цеха – ДСП2– в рассматриваемом периоде представлены на рис. 1.



Рис. 1. Динамика среднемесячной температуры воздуха в г. Новокузнецк и удельного расхода электроэнергии по ДСП 2 за 2012, 2013 гг.

Тестирование коэффициента корреляции на значимость с помощью критерия Стьюдента свидетельствует об отсутствии устойчивой зависимости удельного расхода технологической электроэнергии по агрегатам ЭСПЦ от среднемесячной температуры воздуха в городе Новокузнецк. Так, например, если в 2013 г. по таким агрегатам, как ДСП2, МНЛЗ и вакууматор наблюдалась слабая зависимость расхода электроэнергии от температуры воздуха, то в предшествующем 2012 г. степень этого влияния (R^2) не превышала 2 %, а вероятность его незначимости составляла 70÷87 % в зависимости от агрегата. Следовательно, использование для прогноза на 2013 г. регрессионных зависимостей, построенных на основании данных 2012 г. и учитывающих незначимое влияние фактора температуры (через подразделение совокупности данных по периодам года), несмотря на проявление слабого влияния этого фактора в 2013 г., может привести к снижению адекватности прогноза по сравнению с применением моделей, не учитывающих такое влияние.

Таблица 2 — Оценка значимости влияния среднемесячной температурой воздуха на удельный расход электроэнергии по основным агрегатам ЭСПЦ

Агрегат	Год	Объем выборки, n	Коэффициент корреляции, r_{xy} , доли ед.	Расчетное значение критерия Стьюдента	Табличное значение критерия Стьюдента, $t(\alpha=0,05; \nu=n-2)$	Вероятность незначимости коэффициента корреляции, доли ед.	Вывод о значимости коэффициента корреляции	Адекватность линейной зависимости, R^2 , доли ед.
ДСП1	2012	4	0,8009	1,8919	4,303	0,1991	Незначим	0,6415
	2013	6	0,3416	0,7268	2,776	0,5076	Незначим	0,1167
ДСП2	2012	11	-0,0550	-0,1654	2,262	0,8723	Незначим	0,0030
	2013	12	-0,5223	-1,9366	2,228	0,0815	Значим на 10 % уровне	0,2727
АКОС	2012	11	-0,4640	-1,5713	2,262	0,1506	Незначим	0,2153
	2013	12	0,3859	1,3226	2,228	0,2154	Незначим	0,1489
МНЛЗ	2012	11	-0,1316	-0,3982	2,262	0,6998	Незначим	0,0173
	2013	12	-0,7548	-3,6392	2,228	0,0045	Значим	0,5698
Вакуума тор	2012	11	0,1074	0,3242	2,262	0,7532	Незначим	0,0115
	2013	12	-0,7304	-3,3815	2,228	0,0070	Значим	0,5335

В связи с этим на следующем этапе нами были исследованы модели регрессии линейной и степенной зависимости удельного расхода электроэнергии по основным агрегатам ЭСПЦ от среднесуточного объема производства стали по годовым данным без выделения зимнего и летнего периодов. Анализ проводился по данным 2012 г. (с исключением из анализа октября месяца), в качестве экзаменационной выборки использовались данные за 2013 г. (приведены в [1]).

Результаты оценки моделей, представленные в таблице 3, показывают значимое повышение точности прогноза при применении линейной годовой регрессии по сравнению с фактической методикой по такому агрегату, как ДСП1 (точность прогноза возрастает на 9,7 %) и незначительное улучшение прогноза по АКОС (на 0,7 %) и МНЛЗ (0,05 %). Относительно вакууматора большая по сравнению с фактической методикой точность прогноза достигается при использовании годовой степенной регрессии: ошибка прогноза уменьшается на 8,6 %. Однако по основному потребителю электроэнергии в цехе – ДСП2 – применение годовых моделей не приводит к повышению точности прогноза; средняя относительная ошибка прогноза находится на уровне, соответствующем фактическому (1,60%), и в зависимости от вида модели колеблется относительно 2 %. Такое незначительное отклонение при параллельном увеличении значимости моделей в связи с ростом объема выборки свидетельствует о возможности их использования как для контроля результатов, получаемых по фактической методике, так и самостоятельно.

Отсутствие существенной зависимости удельного расхода электроэнергии от периода года, низкая адекватность моделей летнего периода, полученных по фактической методике [1], а также наблюдающееся незначительное снижение точности прогноза расхода электроэнергии по ДСП2 при применении годовых моделей в сравнении с моделями зимнего и летнего периодов, могут свидетельствовать о влиянии на расход энергии в летнем периоде факторов, не учитываемых фактической методикой. В связи с этим на следующем этапе исследования была проведена проверка гипотезы о влиянии технологических факторов на удельный расход электроэнергии по основному агрегату ЭСПЦ – ДСП2.

Таблица 3 – Сводные результаты оценки точности прогноза по годовым моделям зависимости удельного расхода электроэнергии от среднесуточного объема производства стали по основным агрегатам ЭСПЦ

Наименование агрегата (участка)	Наименование модели	Частный вид модели	$R^2_{\text{скорр. доли ед.}}$	$\overline{\Delta Y}$, кВт·ч/т	$\bar{\epsilon}$, %
ДСП1	1. Модель степенной регрессии	$Y = 493,2439 \times X^{-0,0112}$	0,00	45,96	8,90
	2. Модель линейной регрессии	$Y = 461,6198 - 0,0045 \times X$	0,00	45,62	8,76
ДСП2	1. Модель степенной регрессии	$Y = 582,2860 \times X^{-0,0419}$	0,2908	9,46	2,16
	2. Модель линейной регрессии	$Y = 464,1716 - 0,0212 \times X$	0,4118	8,54	1,97
АКОС	1. Модель степенной регрессии	$Y = 31,0565 \times X^{0,0935}$	0,4288	3,11	5,35
	2. Модель линейной регрессии	$Y = 53,1648 + 0,0042 \times X$	0,5514	2,54	4,31
МНЛЗ	1. Модель степенной регрессии	$Y = 842,9128 \times X^{-0,4050}$	0,2346	13,09	18,64
	2. Модель линейной регрессии	$Y = 79,7442 - 0,0168 \times X$	0,2710	8,40	11,67
Вакууматор	1. Модель степенной регрессии	$Y = 605,8144 \times X^{-0,6399}$	0,5523	0,70	9,81
	2. Модель линейной регрессии	$Y = 18,3026 - 0,0075 \times X$	0,4176	1,84	39,22

Примечание: $\overline{\Delta Y}$ – средняя (по модулю) абсолютная ошибка прогноза, $\bar{\epsilon}$ – средняя (по модулю) относительная ошибка прогноза.

2. Исследование влияния технологических факторов на расход электроэнергии в электросталеплавильном цехе

Влияние различных производственных и технологических факторов на расход электроэнергии в электросталеплавильном производстве анализируется в работах [11-21]. Так, например, авторами исследуется влияние на удельный расход электроэнергии на электросталеплавильную плавку таких факторов, как состав металлошихты [11, 16, 17, 21], режим плавки [14, 18], общая окисленность шлака [15], активная мощность ДСП [19]. Модели множественной регрессии, характеризующие зависимости удельного расхода электроэнергии на плавку от таких факторов, как время токовой нагрузки, масса завалки, масса плавки (жидкого металла), марка стали, количество плавов за сутки, окисленность шлака, для ДСП различной мощности получены в работах [12, 13, 20].

В аналогичных исследованиях, проводимых по ДСП-100 в 1960-ые годы, в качестве основных технологических и энергетических факторов, влияющих на расход электроэнергии в ЭСПЦ, выделялись такие показатели, как средневзвешенная установленная мощность печи по ЭСПЦ, доля горячих простоев, удельный расход кислорода, средняя длительность плавки, средний вес одной плавки, доля углеродистой стали в сортаменте (Б.И. Кудрин [13]). В проведенном нами исследовании из состава возможных факторов были исключены средневзвешенная установленная мощность печи (так как исследование проводилось только по одной ДСП2) и удельный расход кислорода (в связи с низкой вариацией его значений в наблюдаемом периоде). Кроме того, в связи со значительным уменьшением в настоящее время уровня использования производственных мощностей сталеплавильных печей по сравнению с 1960-ми годами, а также благодаря наличию на предприятии соответствующего учета, в модель в качестве экзогенной переменной дополнительно была включена

длительность межплавочного простоя печи. Состав экзогенных факторов представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Экзогенные переменные модели регрессии удельного расхода электроэнергии по ДСП2 от технологических факторов

Наименование фактора	Единица измерения	Условное обозначение
Средняя длительность межплавочного простоя	мин.	X ₁
Средняя длительность плавки	мин.	X ₂
Длительность горячего резерва	ч	X ₃
Доля чугуна в общем объеме металлошихты	%	X ₄
Доля рельсовой стали в общем объеме производства	%	X ₅
Средняя масса плавки (по жидкой стали)	т	X ₆

В таблице 5 представлены значения перечисленных факторов по месяцам за 2012 и 2013 годы. Результаты расчета парных коэффициентов корреляции между факторами приведены в таблицах 6, 7.

Таблица 5 – Значения факторов, влияющих на удельный расход электроэнергии по ДСП2

Условное обозначение	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2012 год												
У	418,36	410,63	411,35	415,83	418,12	438,91	436,86	427,18	444,43	954,76	492,02	458,11
X ₁	4,83	5,08	5,29	10,16	11,77	11,54	29,97	13,14	12,21	64,80	9,02	12,85
X ₂	60,88	60,47	59,73	60,81	64,13	62,93	63,45	62,91	67,37	117,00	72,51	65,47
X ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	238,03	152,92	85,00	279,67	556,02	740,97	567,97	264,77
X ₄	18,60	17,76	18,27	23,86	23,27	23,20	20,82	31,16	18,81	16,22	23,60	27,26
X ₅	0,88	0,85	0,86	0,76	0,51	0,41	0,46	0,78	0,41	0,00	0,58	0,84
X ₆	109,14	109,35	110,63	109,35	111,41	108,03	109,73	108,35	111,04	55,90	105,69	109,46
2013 год												
У	452,52	453,81	457,78	436,62	433,18	423,70	421,96	425,88	429,88	426,86	417,83	410,40
X ₁	13,36	13,44	13,82	17,01	13,94	13,01	11,11	8,69	7,04	5,08	5,65	7,80
X ₂	67,70	70,51	67,71	64,55	62,49	62,81	60,80	60,71	60,30	60,38	60,51	59,36
X ₃	374,83	358,77	296,92	105,57	18,33	0,00	28,80	2,62	0,00	6,57	226,77	44,58
X ₄	27,49	29,16	24,81	25,72	23,97	25,29	24,53	22,80	23,97	24,77	25,74	25,30
X ₅	0,96	0,96	0,85	0,85	0,93	0,96	0,98	0,87	0,96	1,00	1,00	0,98
X ₆	111,40	112,93	111,88	113,62	113,11	112,69	112,45	113,24	113,51	113,31	112,92	111,92

Таблица 6 – Коэффициенты корреляции факторов, влияющих на удельный расход электроэнергии по ДСП2, за 2012 год

Факторы	Факторы						
	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Y	1,0000	0,2079	0,9299	0,7858	0,3032	-0,3655	-0,6419
X ₁	0,2079	1,0000	0,1765	0,1069	0,2266	-0,5485	0,0888
X ₂	0,9299	0,1765	1,0000	0,9218	0,2395	-0,4916	-0,4717
X ₃	0,7858	0,1069	0,9218	1,0000	0,2916	-0,5113	-0,2797
X ₄	0,3032	0,2266	0,2395	0,2916	1,0000	0,0389	-0,3491
X ₅	-0,3655	-0,5485	-0,4916	-0,5113	0,0389	1,0000	-0,0229
X ₆	-0,6419	0,0888	-0,4717	-0,2797	-0,3491	-0,0229	1,0000

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые на 5% уровне (по критерию Стьюдента) значения коэффициентов корреляции.

Таблица 7 – Коэффициенты корреляции факторов, влияющих на удельный расход электроэнергии по ДСП2, за 2013 год

Факторы	Факторы						
	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Y	1,0000	0,6078	0,9238	0,7454	0,5021	-0,4533	-0,2597
X ₁	0,6078	1,0000	0,6899	0,3388	0,3313	-0,6031	-0,1606
X ₂	0,9238	0,6899	1,0000	0,8298	0,7359	-0,3421	-0,3289
X ₃	0,7454	0,3388	0,8298	1,0000	0,7826	-0,0824	-0,5210
X ₄	0,5021	0,3313	0,7359	0,7826	1,0000	0,2493	-0,3216
X ₅	-0,4533	-0,6031	-0,3421	-0,0824	0,2493	1,0000	-0,1146
X ₆	-0,2597	-0,1606	-0,3289	-0,5210	-0,3216	-0,1146	1,0000

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые на 5% уровне (по критерию Стьюдента) значения коэффициентов корреляции.

Анализ значений коэффициентов корреляции, представленных в таблицах 6, 7, показывает, что устойчивое влияние на удельный расход электроэнергии в процессе электросталеплавильной плавки имеют такие факторы, как средняя длительность плавки и длительность горячего резерва печи; при этом влияние перечисленных факторов на расход электроэнергии носит прямой характер. Однако длительность горячего резерва сама имеет сильную взаимосвязь с длительностью плавки, что свидетельствует об ее опосредованном влиянии на расход электроэнергии через этот фактор. Влияние таких факторов, как средняя длительность межплавочного простоя, средняя масса плавки и доля рельсовой стали, с одной стороны неустойчиво, а с другой — также опосредованно через другие экзогенные факторы.

Сопоставляя результаты проведенного нами корреляционного анализа с результатами подобных исследований 1960-х годов, следует отметить, что выявленная нами степень влияния длительности плавки на удельный расход электроэнергии по ДСП2 ($r \approx 0,92 \pm 0,93$ доли ед.) превышает установленное в 1960-х гг. воздействие продолжительности подачи тока на этот показатель ($r \approx 0,76 \pm 0,86$ доли ед.) (см. Б.И. Кудрин [13]).

На основании результатов проведенного анализа на следующем этапе исследования были оценены модели парной линейной, степенной и параболической зависимости удельного расхода электроэнергии на выплавку стали по ДСП2 от средней продолжительности плавки. Оценка моделей проводилась средствами программы STATISTICA по среднемесячным данным за 2012 год без подразделения и с подразделением на зимний и летний периоды. Из данных зимнего периода, также как и на предшествующих этапах исследования, были исключены значения факторов за октябрь месяц.

Сводные результаты оценки точности прогнозирования удельного расхода электроэнергии по ДСП2 по моделям зависимости от средней длительности плавки на основании данных 2013 года приведены в таблице 8.

Анализ результатов, представленных в таблице 8, показывает, что большей адекватностью характеризуются неполные (по составу переменных) модели параболической регрессии (модели, не включающие экзогенный фактор в первой степени). При этом прогноз по моделям с подразделением на зимний и летний периоды позволяет в целом за год получить более точную оценку удельного расхода электроэнергии по ДСП2, чем прогноз по годовой модели параболической регрессии (ошибка прогноза ($\bar{\epsilon}$) составляет соответственно 1,67 и 1,73%).

Таблица 8 – Сводные результаты оценки точности прогноза удельного расхода электроэнергии по ДСП2 по моделям зависимости от средней длительности плавки

Наименование модели	Частный вид модели	Вывод о значимости коэффициента		$R^2_{\text{с корр}}$ доли ед.	$\overline{\Delta Y}$, кВт·ч/т	$\bar{\epsilon}$, %
		при X	при X ²			
1. Годовая модель линейной регрессии	$Y = -42,816 + 6,138 \times X$	значим	–	0,8497	7,94	1,84
2. Годовая модель степенной регрессии	$Y = 10,0950 \times X^{0,9053}$	значим	–	0,8493	8,05	1,85
3. Годовая неполная модель параболической регрессии	$Y = 243,9639 + 0,047 \times X^2$	–	значим	0,8523	7,52	1,73
4. Периодическая модель линейной регрессии	–	–	–	–	7,81	1,78
4.1 Модель линейной регрессии зимнего периода	$Y = 15,1820 + 6,6275 \times X$	значим	–	0,9681	10,18	2,28
4.2 Модель линейной регрессии летнего периода	$Y = -204,070 + 3,556 \times X$	незначим	–	0,2865	5,44	1,27
5. Периодическая модель степенной регрессии	–	–	–	–	8,21	1,87
5.1 Модель степенной регрессии зимнего периода	$Y = 7,9827 \times X^{0,9637}$	значим	–	0,9683	10,13	2,27
5.2 Модель степенной регрессии летнего периода	$Y = 36,9040 \times X^{0,5913}$	незначим	–	0,2788	6,30	1,47
6. Периодическая неполная модель параболической регрессии	–	–	–	–	7,34	1,67
6.1 Неполная модель параболической регрессии зимнего периода	$Y = 233,6464 + 0,0499 \times X^2$	–	значим	0,9593	9,36	2,10
6.2 Неполная модель параболической регрессии летнего периода	$Y = 318,5021 + 0,0276 \times X^2$	–	незначим	0,2840	5,52	1,24

Примечание: $\overline{\Delta Y}$ – средняя (по модулю) абсолютная ошибка прогноза, $\bar{\epsilon}$ – средняя (по модулю) относительная ошибка прогноза.

Незначительное уменьшение точности прогноза в зимнем периоде по сравнению с летним (на 0,5÷0,8 %) в условиях достаточно высокой адекватности моделей зимнего периода ($R^2_{\text{с корр}}=96\%$) свидетельствует об увеличении влияния на удельный расход электроэнергии в этом периоде, по сравнению с летним, случайных факторов. В качестве примера таких факторов может выступать увеличение потерь электроэнергии в

токопроводящих сетях предприятия в зимнее время года в сравнении с летним периодом.

Сопоставление результатов исследования зависимости удельного расхода электроэнергии по ДСП2 от средней длительности плавки с результатами исследования зависимости этого показателя от среднесуточного объема производства стали (в соответствии с фактической методикой) (см. [1]) свидетельствует о двух закономерностях:

- адекватность лучших регрессионных моделей зависимости от средней длительности плавки ($R^2_{скорр}$) выше, чем адекватность моделей зависимости от среднесуточного объема производства стали (для зимнего периода: $0,9593 > 0,9190$ доли ед.; для летнего периода: $0,2840 > 0,1038$ доли ед.);
- вместе с тем, точность прогноза по моделям зависимости от средней длительности плавки, напротив, ниже, чем по модели зависимости от среднесуточного объема производства стали ($\bar{\epsilon} = 1,67 > 1,59$ %), что также может свидетельствовать об увеличении влияния случайных факторов на расход электроэнергии на плавку в ДСП в зимнем периоде.

Выводы

В работе установлено отсутствие устойчивой статистически значимой зависимости удельного расхода электроэнергии на технологические нужды по основным агрегатам ЭСПЦ металлургического предприятия от среднемесячной температуры воздуха в городе Новокузнецк и, как следствие, возможности планирования расхода электроэнергии без подразделения исходных данных по периодам года.

Обоснована бóльшая, по сравнению с фактической методикой, эффективность использования для прогноза удельного расхода технологической электроэнергии модели степенной регрессии зависимости от среднесуточного объема производства стали без подразделения данных по периодам года по таким агрегатам ЭСПЦ, как ДСП1 и вакууматор. По таким агрегатам, как ДСП2, АКОС и МНЛЗ получены годовые модели зависимости от среднесуточного объема производства стали, адекватность которых сопоставима с адекватностью моделей, соответствующих фактической методике, и вместе с тем характеризующиеся бóльшей значимостью в связи с увеличением объема выборки.

Проведено исследование зависимости удельного расхода электроэнергии по дуговой сталеплавильной печи от технологических факторов производства. В результате получены адекватные регрессионные модели зависимости от средней (за месяц) длительности плавки, точность прогнозирования по которым сопоставима с точностью прогноза по фактической методике. Полученные регрессионные зависимости могут использоваться в цехе для контроля результатов прогноза по фактической методике, а также для прогноза расхода технологической энергии поплавно. Кроме того, применение полученных моделей обеспечивает повышение статистической значимости прогноза за счет увеличения объема выборки.

Дальнейшее повышение точности прогноза расхода технологической электроэнергии в ЭСПЦ может быть достигнуто за счет изучения случайного характера процессов энергопотребления в цехе, а также за счет исследования характера распределения случайной компоненты регрессионных моделей и обеспечения учета влияния случайных факторов в процессе прогнозирования.

Библиографический список

1. Ефремкова Т.И. Оценка эффективности планирования расхода электроэнергии на технологические цели в электросталеплавильном цехе металлургического предприятия// Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. — №5 (77). Номер статьи: 7701. Дата публикации: 2017-05-14 . Режим доступа: <http://sovman.ru/article/7701/>

2. Методика определения плановой удельной нормы потребления электрической энергии на основные агрегаты электросталеплавильного цеха на 2010 г. в ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» – Новокузнецк: Изд-во ЕВРАЗ, 2011. – 5 с.
3. Эконометрика: учебник/И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева и др.; под ред. И.И. Елисеевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 576 с.
4. Бажинов А. Н., Ершов Е. В. Прогнозная модель электропотребления предприятием металлургического профиля. Алгоритм отбора значимых факторов [Текст] // Современные тенденции технических наук: материалы междунар. науч. конф. (г. Уфа, октябрь 2011 г.). – Уфа: Лето, 2011. – С. 48-51.
5. Биятто Е. В., Шарманова Г. Ю., Привалихина К. К. Зависимость электропотребления от влияния различных факторов. Анализ потребления электроэнергии по ОЭС и энергосистемам 2012–2014 гг. // Молодой ученый. – 2015. – №6. – С. 126-129.
6. Макоклюев Б.И., Антонов А.В., Полижаров А.С. и др. Влияние метеофакторов на режимы потребления электроэнергии энергосистем // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 65. Надежность либерализованных систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы, ИСЭМ СО РАН, 2015 г. // Энергостат: Программно-технологическое обеспечение для энергетики [Электронный ресурс]// Режим доступа: http://www.energostat.ru/articles/articles_list_POWER_PLAN/doclad_Makocliuev_B_I_Energostat_Nadyozhnostpdf
7. Соломкин А.В. Применение нейросетевых методов для прогнозирования потребления электроэнергии [Электронный ресурс] // Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. 2009. — Режим доступа — http://fetmag.mrsu.ru/2009-3/pdf/Forecasting_electricity_consumption.pdf
8. Томбасова А.А. Оценка зависимости режима электропотребления от влияния различных факторов [Электронный ресурс] // Сибирский федеральный университет. Режим доступа — http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s4/s41_57.pdf.
9. Хошимов Ф.А. Мавлянбердиева Г.Г. Оценка влияния технологических факторов на удельный расход электроэнергии при производстве шелка-сырца// Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2016. Т. 1. № 1. С. 341–344.
10. Климатический монитор [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=29846>. –
11. Гущина Л.Б. Разработка методики детализированного экономического анализа влияния нетрадиционного состава сырья на электросталеплавильный процесс: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.05. – СПб., 1999. – 148 с.
12. Копцев Л.А., Журавлев Ю.П. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2008. №17 (117). С. 13–20.
13. Кудрин Б.И. Электропотребление в электрометаллургии // Электрика. — — № 9. — с. 35-45.
14. Кузнецов А.А., Молодых А.В. Применение газокислородных горелок для интенсификации процесса плавки в дуговой сталеплавильной печи // Вестник научной конференции . 2015. №2-1 (2). С. 87-88.
15. Малофеев А.Е. Совершенствование технологии выплавки стали в современной дуговой электропечи с использованием математического моделирования: диссертация ... кандидата технических наук: 05.16.02. – Магнитогорск, 2010. – 130 с.
16. Павлов В.В., Логунова О.С., Павлов И.В. Эмпирическая модель компоновки шихты в ДСП для работы в энергосберегающем режиме // Сталь. 2014. № 5. С.31–35.
17. Павлов В.В., Ивин Ю.А., Пехтерев С.В. и др. Влияние фракционного состава металлолома на показатели работы дуговой сталеплавильной печи// Электрометаллургия. 2011 . № 11. С. 2–6.
18. Рахмонов И.У., Расулов А.Н. Интенсификация плавки стального полупродукта в сверхмощных дуговых электропечах путем оптимизации энергетических режимов // Вестник МЭИ. 2016. № 2. С.22–24.

19. Сутягин К.Л. Разработка метода прогнозирования показателей работы дуговых сталеплавильных печей: диссертация ... кандидата технических наук16.02. – СПб., 2006. – 160с.
20. Хорьков С.А. Расчеты электропотребления при энергетическом обследовании промышленного предприятия: учебно-методическое пособие. – Ижевск, УдГУ, 2011. – 111 с.
21. Шабанов П.А., Волков К.В., Кузнецов Е.П., Александров И.В., Баталов А.Ю. Изменение технико-экономических показателей при выплавке рельсовой стали за счет сортировки металлолома по содержанию остаточных элементов// Металлург. 2014. № 6. С. 93–96.

Регистрация

МЦНИП ©2011-2017

Современные технологии управления

ISSN 2226-9339

Сетевое издание (сайт) зарегистрировано Роскомнадзором, свидетельство СМИ Эл № ФС 77 — 44067 от 01.03.2011 г.

Параметры выхода



Open Access Journal

Частота выпусков — ежемесячно

Язык журнала: русский, английский

Территория распространения — РФ, зарубежные страны

Возрастная категория сайта 6+

Быстрый доступ

[Номера журнала](#)

[О журнале](#)

[Авторам](#)

[Публикационная этика](#)

[Контакты](#)

Контакты

8-919-511-32-15

redactor@sovman.ru

Издатель: МЦНИП

