

УДК 621.771

**Сорокотягин А. М.,  
Поздняков И. А.,  
Фокин А. И.,  
(филиал № 2 «ЕМЗ» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС», г. Енакиево, ДНР),  
к.т.н. Проценко М. Ю.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)**

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 140-ТОННЫХ КОВШЕЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКОГО ЧУГУНА

*Рассмотрен вопрос исключения стационарных миксеров из технологической схемы транспортировки чугуна из доменного в конвертерный цех и предложено использование в этих условиях 140-тонных чугуновозных ковшей. Проведен анализ потерь температуры чугуна при использовании чугуновозных ковшей грузоподъемностью 140 т. Определена возможность проезда 140-тонного ковша по тоннелю из доменного цеха в миксерное отделение конвертерного цеха и произведена модернизация траверсы главного подъема на кране миксерного отделения. Реализация предложенных рекомендаций позволила снизить расход металлошихты и чугуна, а также увеличить объемы производства стали.*

**Ключевые слова:** доменный цех, кислородно-конвертерный цех, миксерное отделение, чугуновозный ковш, температура, чугун, перелив, расход металлошихты.

На интегрированных металлургических предприятиях, в состав которых входит конвертерный цех, а доставка чугуна осуществляется при помощи чугуновозных ковшей, задача по снижению потерь температуры на участке «доменный цех–конвертерный цех» является весьма актуальной. В рамках решения этой задачи предлагаются различные организационные и технические мероприятия, направленные в основном на снижение потерь чугуна, его температуры и затрат на транспортировку [1–3].

Важными элементами в технологической цепочке транспортировки чугуна между доменным и конвертерным цехами являются чугуновозные ковши и миксеры.

Основными функциями миксерного отделения являются согласование работы доменного и конвертерного цеха, которые имеют разный производственный цикл, а также гомогенизация чугуна по содержанию основных элементов и температуре. Вместе с тем при использовании миксеров имеют место потери чугуна и его температуры при выполнении основных техно-

логических операций в отделении, а именно переливов чугуна из чугуновозного ковша в миксер и из миксера в заливочный ковш.

С началом эксплуатации конвертерного цеха эти функции были вполне востребованы и успешно реализованы. В то же время развитие технологии доменного и конвертерного производства привело к изменению требований к реализуемым на этом участке задачам, а именно:

- в связи с освоением технологии обработки металла на агрегате «ковш-печь», где в полном объеме реализованы технологические приемы по управлению температурой расплава, снизились требования к стабильности температуры металла и содержания серы по окончании продувки и, как следствие, к стабильности температуры чугуна и содержания серы в нем;

- внедрение автоматизированной системы «Советчик мастера» привело к снижению требований к стабильности содержания основных элементов в чугуне (в основном по содержанию кремния);

- внедрение информационных систем диспетчеризации позволило синхронизиро-

вать производственные графики доменного и конвертерного цехов и свести к удовлетворительному минимуму возможный разбаланс в производстве и потреблении чугуна. Кроме того, внедрение современных технологий на литейном дворе доменного цеха позволило стабилизировать график выпусков доменных печей. В результате функция миксерного отделения как участка согласования работы доменного и конвертерного цехов была сведена к минимуму.

На основании выполненного анализа основными целями и задачами исследований являлось определение возможности снижения потерь температуры передельного жидкого чугуна и его расхода в металлшихте за счет использования 140-тонных чугуновозных ковшей.

Реализация описанных выше мероприятий позволила рассмотреть вопрос исключения миксеров из технологической цепочки транспортировки чугуна из доменного цеха в конвертерный.

После успешного опытно-промышленного опробования технологии транспортировки чугуна без использования миксеров было принято решение об их демонтаже.

Кроме того, был рассмотрен вопрос снижения потерь температуры чугуна путем использования чугуновозных ковшей большей емкости, а именно замена ковшей грузоподъемностью 100 т на ковши грузоподъемностью 140 т [4, 5].

Реализация данного мероприятия осуществляется за счет применения восьмиосного лафета, обеспечивающего без реконструкции и переукладки существующих железнодорожных путей возможность безаварийной транспортировки 140-тонного ковша конвертерного цеха на участке «доменный цех–миксерное отделение конвертерного цеха».

За период выполнения работы в доменном и конвертерном цехах завода проведен эксперимент по доставке в миксерное отделение конвертерного цеха чугуна в 140-тонном чугунозаливочном ковше с

применением двух восьмиосных лафетов.

Для выполнения поставленной задачи были реализованы следующие мероприятия:

- определена возможность проезда 140-тонного ковша на восьмиосном лафете по доменному тоннелю;

- определена возможность проезда 140-тонного ковша на восьмиосном лафете по железнодорожным путям на отрезке «доменный цех–миксерное отделение конвертерного цеха»;

- произведена подготовка траверсы главного подъема на кране № 1<sup>а</sup> миксерного отделения конвертерного цеха.

В ходе проведения данной работы эксплуатировалось четыре 140-тонных ковша.

Логистика работы конвертерного цеха при использовании 140-тонных ковшей предусматривала следующие мероприятия:

- доставка из доменного цеха (доменные печи № 3, 5) в миксерное отделение 140-тонного ковша на восьмиосном чугуновозном лафете;

- перестановка груженого ковша на порожний лафет в миксерном отделении с последующим взвешиванием на весах миксера № 1;

- долив чугуна в соответствии с шихтовкой конвертерной плавки (при необходимости);

- отправка в конвертерное отделение и заливка чугуна в конвертер на плавку;

- взвешивание порожнего ковша, для определения массы тары и заливаемого в конвертер чугуна;

- установка порожнего 140-тонного ковша на восьмиосный чугуновозный лафет для отправки в доменный цех.

За период проведения эксперимента в конвертерный цех поступило 400 чугуновозных 140-тонных ковшей.

В ходе проведения работы отслеживались технологические параметры конвертерной плавки (табл. 1). Для корректного анализа технологических параметров из опытного и сравнительного массива были исключены последние плавки в серии.

## МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Таблица 1

Технологические параметры опытных и сравнительных плавов

Технологический параметр	Ед. изм.	Опытные ковши	Сравнительные ковши	Δ
Количество плавов	шт.	360	1735	-
Расход чугуна	т/пл.	126,20	126,20	0
	кг/т	935,50	938,30	-2,80
Масса чугуна, поступающего из доменного цеха	т/пл.	126,20	92,04	-
Масса добавки в миксерном отделении	т/пл.	-	34,16	-
Расход лома	т/пл.	25,30	24,70	0,60
	кг/т	187,50	183,60	3,90
скрап	т/пл.	4,80	4,50	0,30
	кг/т	35,60	33,50	2,10
твердый чугун	т/пл.	0,20	0,20	0
	кг/т	1,50	1,50	0
Расход окатышей	т/пл.	0,50	0,50	0
	кг/т	3,71	3,72	-0,01
Металлошихта	т/пл.	152,00	151,40	0,60
	кг/т	1126,71	1125,62	1,09
Выход годного	т/пл.	134,90	134,50	0,40
	%	88,75	88,84	-0,09
Известь	т/пл.	4,49	4,20	0,29
	кг/т	33,30	31,20	2,10
Известняк	т/пл.	2,32	1,93	0,39
	кг/т	17,20	14,3	2,90
Флюс магнезиальный брикетированный углерод-железосодержащий (ФМБУЖ)	т/пл.	0,11	0,11	0
	кг/т	0,80	0,80	0
Углеродсодержащие материалы	т/пл.	0,01	0,01	0
	кг/т	0,10	0,10	0
Содержание элементов в чугуне:				
C	%	4,48	4,41	0,07
Si	%	0,64	0,62	0,02
Mn	%	0,65	0,62	0,03
S	%	0,095	0,097	-0,002
P	%	0,102	0,10	0,002
Температура чугуна	°C	1327	1308	19
Содержание элементов в стали на повалке:				
C	%	0,055	0,053	0,002
Mn	%	0,125	0,119	0,006
S	%	0,074	0,076	-0,002
P	%	0,021	0,021	0
Температура стали	°C	1631	1629	2
Fe <sub>общ</sub>	%	22,83	22,60	0,23
Насыпной вес	т/м <sup>3</sup>	0,502	0,51	-0,008
Доля двухсовковых плавов	%	14,70	9,80	4,90

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, при использовании 140-тонных ковшей имеет место:

- увеличение средней температуры чугуна на 19°C (1327°C против 1308°C);
- средняя масса чугуна, поступающего из

## МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

доменного цеха в 140-тонных ковшах, составила 126,2 т против 92,04 т чугуна, поставляемого в 100-тонных ковшах; при этом следует отметить, что 62,5 % 140-тонных ковшей не нуждались в дошихтовке в миксерном отделении. Коэффициент заполняемости ковшей составил 0,907 и 0,920 соответственно;

- химический состав металла на повалке находился на сопоставимом уровне;
- увеличение температуры металла на

повалке на 2°С (1631°С против 1629°С), что обусловлено переработкой более горячего чугуна.

Для исключения влияния различных технологических факторов опытных и сравнительных плавов удельный расход металлошихты (м/ш) и чугуна на сравнительных плавках был приведен к параметрам опытного массива согласно ТТИ-1.3-15-22-86 (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Приведение удельного расхода металлошихты к параметрам опытного массива

Параметр	Ед. изм.	Плавки			Изменение фактора	Расход м/ш, кг/т стали	Корректировка по м/ш, кг/т стали
		Опытные	Сравнительные	Отклонение			
Расход м/ш	кг/т	1126,71	1125,62	1,09	-	-	<b>1,78</b>
Состав чугуна:							
С	%	4,48	4,41	0,07	0,10	0,80	0,56
Si	%	0,64	0,62	0,02	0,10	1,30	0,26
Mn	%	0,65	0,62	0,03	0,10	0,70	0,21
Расход скрапа	кг/т	35,60	33,50	2,10	-	-	0,48
Расход извести	кг/т	33,30	31,20	2,10	-10	-1,20	0,25
Расход известняка	кг/т	17,20	14,30	2,90	-10	-0,60	0,17
Расход ФМБУЖ	кг/т	0,80	0,80	0	-10	-1,20	0
Расход коксового орешка	кг/т	0,10	0,10	0	10	0,70	0
[С] на повалке	%	0,055	0,053	0,002	-0,01	1,60	-0,32
Насыпной вес	т/м <sup>3</sup>	0,502	0,51	-0,008	-	-	0,17

Таблица 3

Приведение удельного расхода чугуна к параметрам опытного массива

Параметр	Ед. изм.	Плавки			Изменение фактора	Расход чугуна, кг/т стали	Корректировка по чугуну, кг/т стали
		Опытные	Сравнительные	Отклонение			
Расход чугуна	кг/т	935,5	938,3	-2,8	-	-	<b>3,93</b>
Состав чугуна:							
С	%	4,48	4,41	0,07	0,1	-3	-2,1
Si	%	0,64	0,62	0,02	0,1	-11,9	-2,38
Mn	%	0,65	0,62	0,03	0,1	-1,9	-0,57
Расход скрапа	кг/т	35,6	33,5	2,1	-	-	0,48
Расход извести	кг/т	33,3	31,2	2,1	-10	-11,4	2,39
Расход известняка	кг/т	17,2	14,3	2,9	-10	-20	5,8
Расход ФМБУЖ	кг/т	0,8	0,8	0	-10	-11,4	0
Расход коксового орешка	кг/т	0,1	0,1	0	10	-23,4	0
[С] на повалке	%	0,055	0,053	0,002	-0,01	-1,9	0,38
Температура стали	°С	1631	1629	-	-10	-5,8	0
Fe <sub>общ</sub>	%	22,83	22,6	0,23	1	-0,3	-0,07

Согласно данным таблицы 2 приведенный расход металлошихты на опытном массиве составляет  $1126,71 - 1,78 = 1124,93$  кг/т, а расчетное снижение расхода металлошихты составляет  $1124,93 - 1125,62 = -0,69$  кг/т.

Согласно данным таблицы 3 приведенный расход чугуна на опытном массиве составляет  $935,5 - 3,93 = 931,57$  кг/т. Таким образом, расчетное снижение расхода чугуна составляет  $931,57 - 938,3 = -6,73$  кг/т.

С целью анализа влияния массы прибывающего чугуна в опытных 140-тонных ковшах на его температуру выполнена разбивка опытного массива по количеству доливаемого чугуна до необходимой ших-

товки в миксерном отделении (рис. 1).

Как видно из данных рисунка 1, при отсутствии дошихтовки чугуна превышение температуры на опытном массиве от сравнительного массива составляет  $28^{\circ}\text{C}$ , при дошихтовке на 1–10 т и 11–20 т данная величина снижается до  $8^{\circ}\text{C}$  и  $4^{\circ}\text{C}$  соответственно, а при доливке более 20 т становится на  $7^{\circ}\text{C}$  меньше величины, характерной для базовой технологии.

Результаты экономических расчетов (на базе плановых цен марта 2016 г.) полученных приведений в сравнении с массивом текущих плавок представлены в таблице 4.

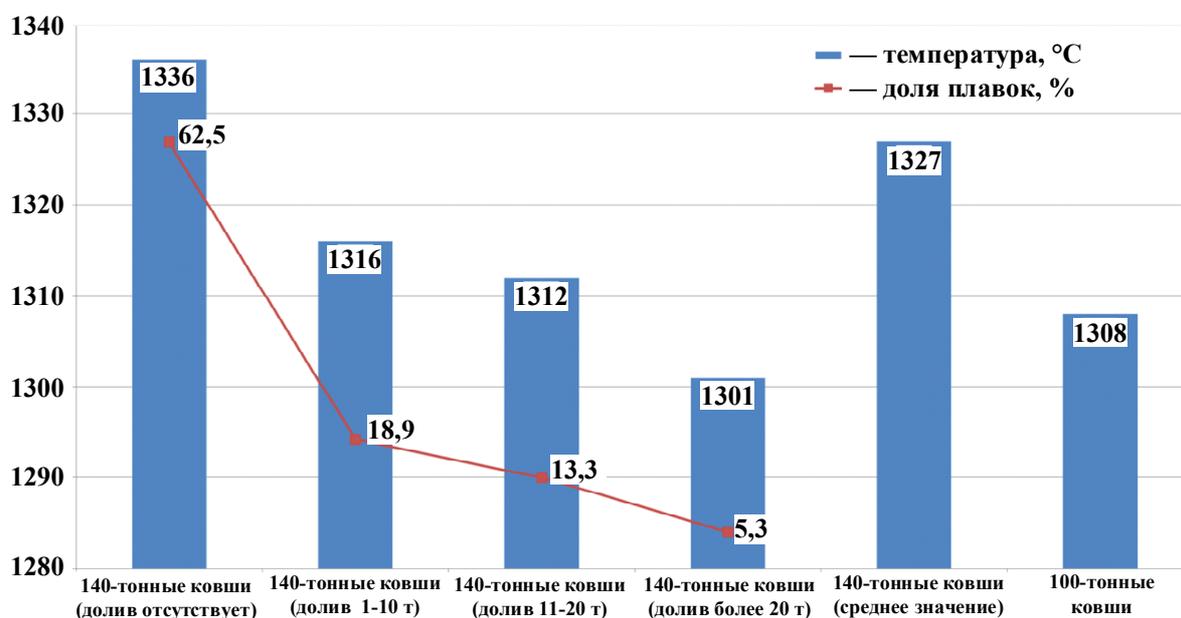


Рисунок 1 Влияние массы прибывающего чугуна в опытных 140-тонных ковшах на его температуру

Таблица 4

Расчет экономического эффекта

Параметры	Ед. изм.	Цена (план июля 2017 г.), руб./т	Сравнительные	Опытные с учетом приведения	+ / -	
					кг/т	руб./т
Расход чугуна	кг/т	20386,89	938,30	931,57	-6,73	-137,20
Расход лома	кг/т	11643,91	183,60	189,65	6,05	70,40
Расход окатышей	кг/т	7177,38	3,72	3,71	-0,01	-0,10
Расход м/ш	кг/т	-	1125,62	1124,93	-0,69	-66,80
на весь объем						-6602526
Увеличение произ-ва стали	т	7252,48	98796	99509	713	5171018
Итого общий эффект, руб.						11773544

**Выводы:**

1. В конвертерном цехе успешно внедрена технология транспортировки жидкого чугуна из доменного цеха в конвертерный цех с использованием 140-тонных чугуновозных ковшей, что позволило исключить из технологической схемы стационарные миксеры и обеспечить снижение потерь температуры чугуна за счет сокращения количества технологических переливов.

2. Реализация данной технологии позволила обеспечить снижение расхода металлошихты и чугуна на 0,69 кг/т и 6,73 кг/т соответственно (по приведенным значениям). Прирост производства стали за счет снижения удельного расхода чугуна на 6,73 кг/т составил 713 т/мес., что позволило получить экономический эффект в 5171 тыс. руб.

Суммарный экономический эффект от внедрения предложенных решений составит 11773 тыс. руб. в месяц (в плановых ценах июля 2017 г.).

3. Температура чугуна, поступившего в опытных 140-тонных ковшах, на 19°C выше по сравнению с температурой чугуна, поступившего в 100-тонных ковшах, что обусловлено исключением дополнительных доливок чугуна в миксерном отделении для обеспечения необходимой его доли в составе металлошихты. При отсутствии доливок чугуна, потери его температуры в среднем снизились на 28°C.

4. Для повышения эффективности использования 140-тонных ковшей необходимы к реализации следующие мероприятия:

- максимально возможное применение в доменном цехе 140-тонных доменных ковшей, унифицированных с заливочными 140-тонными ковшами конвертерного цеха;
- решение вопроса установки на транспортировочную платформу 140-тонного ковша тензометрических датчиков непосредственно в доменном цехе, что приведет к увеличению точности налива чугуна.

**Библиографический список**

1. Ковшов, В. Н. *Современные методы сбережения энергии в доменном производстве* [Текст] / В. Н. Ковшов и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. научн. тр.* — Днепропетровськ: ИЧМ НАН Украины, 2008. — Вып. 16. — С. 177–186.
2. Сосин, С. В. *Снижение тепловых потерь жидкого чугуна на участке «доменный цех – конвертерный цех»* [Текст] / С. В. Сосин и др. // *Университетская наука-2016: в 4 т.: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. ПГТУ.* — Мариуполь, 2016. — Т. 1. — С. 155.
3. Данильченко, Е. Ю. *Оценка динамики тепловых потерь при транспортировке жидкого чугуна* [Текст] / Е. Ю. Данильченко, А. Н. Шаповалов // *Наука и производство Урала, 2015.* — Выпуск № 11. — С. 47–49.
4. Шибко, А. В. *Пути снижения расхода жидкого чугуна в кислородно-конвертерном цехе ПАО «Евраз – ДМЗ им. Петровского»* [Текст] / А. В. Шибко, К. Ф. Чмырков, С. М. Онацкий и др. // *Новости науки Приднепровья.* — 2012. — № 3–4. — С. 58–61.
5. Чмырков, К. Ф. *Состояние и перспективы снижения расхода жидкого чугуна в конвертерном производстве ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского»* [Текст] / К. Ф. Чмырков и др. // *Металл и литье Украины.* — 2015. — № 5. — С. 22–27.

© Сорокотягин А. М.  
 © Поздняков И. А.  
 © Фокин А. И.  
 © Проценко М. Ю.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М., старшим мастером ОНРС ККЦ ПАО «АМК» Максаевым Е. Н.*

*Статья поступила в редакцию 07.12.17.*

**Сорокотягин О. М., Поздняков І. О., Фокін А. І.** (філія № 2 «Єнакіївський металургійний завод» ЗАТ «ВНЕСШТОРГСЕРВІС», м. Єнакієве, ДНР), **к.т.н. Проценко М. Ю.** (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

#### **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ 140-ТОННИХ КОВШІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ РІДКОГО ЧАВУНУ**

*Розглянуто питання виключення стаціонарних міксерів з технологічної схеми транспортування чавуну з доменного в конвертерний цех та запропоновано використання за цих умов 140-тонних ковшів для перевезення чавуну. Проведено аналіз втрат температури чавуну під час використання ковшів вантажопідйомністю 140 т. Визначено можливість проїзду 140-тонного ковша по тунелю від доменного цеху до міксерного відділення конвертерного цеху і проведено модернізацію траверси головного підйому на крані міксерного відділення. Реалізація запропонованих рекомендацій дозволила знизити витрати металошихти і чавуну, а також збільшити обсяги виробництва сталі.*

**Ключові слова:** доменний цех, киснево-конвертерний цех, міксерне відділення, чавуновозний ківш, температура, чавун, перелив, витрата металошихти.

**Sorokotiagin A. M., Pozdniakov I. A., Fokin A. I.** (branch №2 «Yenakiyev Iron and Steel Works» ZAO «VNESHSTORGSERVIS» (Closed Joint-Stock Company), Yenakiyev, DPR), **PhD Protsenko M. Yu.** (DonSTU, Alchevsk, LPR)

#### **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVE USING OF 140-TONNE LADLES FOR THE HOT IRON TRANSPORTATION**

*The article considers an issue of stationary mixers removal from the technological scheme of cast iron transportation from the blast-furnace shop to converter shop and it has been proposed to use 140-tonne ladle capsules under these conditions. There has been done the iron loss temperature analysis for ladle capsules with 140-tonne capacity. There has been determined the trafficability for 140-tonne ladle along a tunnel from blast-furnace shop to mixer department of converter shop and there has been made a beam upgrading for the main hoist on crane of mixer department. Applying of the proposed recommendations allows reducing the metal charge and cast iron consumption as well increasing steel production volume.*

**Key words:** blast-furnace shop, oxygen-converter shop, mixer department, ladle capsule, temperature, cast iron, overflow, metal charge consumption.