

УДК 669.162.1-044.964

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АГЛОМЕРАТА

А. В. Петров, Я. А. Великохатко

Криворожский национальный университет
ул. XXII Партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина.
E-mail: avpetrov462@gmail.com; yanochkast1989@rambler.ru

В. В. Лунёв

Запорожский национальный технический университет
ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, 69063, Украина. E-mail: mitlv@ukr.net

Представлены результаты инструментальных определений механических потерь сырьевых материалов в железорудном агломерационном производстве с различными технологическими линиями, оснащенными машинами общей площадью 62,5, 120 и 135 м². Проанализированы существующие источники механических потерь и причины их образования. Установлено существенное влияние погодных условий на потери сырья для условий его приемки и складирования на открытом воздухе. Показана решающая роль усреднения сырья для снижения потерь на всех этапах аглопроизводства. Установлены фактические количественно-качественные показатели механических потерь на различных технологических участках. Выполнена оценка реально-, оптимально- и предельно-достижимых значений механических потерь. Сделан вывод о возможности кардинального снижения потерь при условии внедрения нового высокопроизводительного оборудования и передовых технологий.

Ключевые слова: агломерат, потери, складирование, усреднение, выбросы.

ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АГЛОМЕРАТУ

А. В. Петров, Я. О. Великохатко

Криворізький національний університет
вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна.
E-mail: avpetrov462@gmail.com; yanochkast1989@rambler.ru

В. В. Луньов

Запорізький національний технічний університет
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063, Україна. E-mail: mitlv@ukr.net

Наведено результати інструментальних визначень механічних втрат сировинних матеріалів в залізорудному агломерационному виробництві з різними технологічними лініями, оснащеними машинами загальною площею 62,5, 120 і 135 м². Проаналізовано існуючі джерела механічних втрат і причини їх утворення. Встановлено суттєвий вплив погодних умов на втрати сировини для умов його приймання і складування на відкритому повітрі. Показано вирішальну роль усереднення сировини для зниження втрат на всіх етапах агловиробництва. Встановлено фактичні кількісно-якісні показники механічних втрат на різних технологічних ділянках. Виконано оцінку реально-, оптимально- і граничнодосяжних значень механічних втрат. Зроблено висновок про можливість кардинального зниження втрат за умови впровадження нового високопродуктивного обладнання та передових технологій.

Ключові слова: агломерат, втрати, складування, усереднення, викиди.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В агломерационном производстве, как и в любом другом, происходят механические потери исходных сырых материалов, готовой продукции, и вместе с ними теряется основной сырьевой компонент (или компоненты), в частности, железо. Фактическая величина потерь необходима при составлении баланса материальных ресурсов, для контроля расходных коэффициентов и, в конечном итоге, является одной из составляющих общего уровня производственно-экономической деятельности предприятия. Снижение величины потерь сырья при производстве агломерата не только обеспечивает экономию материальных сырьевых ресурсов, но также является важнейшим условием уменьшения вредного воздействия агломерационного производства на окружающую среду [1]. Последнее особенно актуально, учитывая, что одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха пылью являются предприятия черной металлургии, горнодобывающей, литейно-механической [2, 3] и ряда других отраслей про-

мышленности. Выбросы промышленных предприятий этих отраслей достигли таких масштабов, что в некоторых районах, особенно в крупных промышленных центрах, степень загрязнения объектов окружающей среды существенно превышает допустимые санитарные нормы. В тоже время, при современном уровне развития промышленности можно утилизировать путем переработки в строительные материалы около 85 % отходов металлургии [4].

Уровень механических потерь, то есть общее количество их, зависит от особенностей технологического процесса, осуществляемого на аглофабриках, состояния оборудования; изменяется в зависимости от применяемых видов сырья, их физико-химических характеристик [5].

На каждом действующем предприятии, на котором существует агломерационное производство, имеются следующие виды потерь:

– с гидросмывами – потери с железосодержащими продуктами производственных стоков систем гидросливов;

– с неорганизованными выбросами, то есть потери при транспортировании и перегрузках, хранения на открытых складах, при естественном выносе пыли, от основных источников пыления (хвостовые части агломашин, узлы погрузки агломерата в вагоны, на склад или со склада); с остатками материала в вагонах из-за плохой очистки их;

– с технологическими газами – потери с пылью, содержащейся в газах прошедших очистку и выбрасываемых в атмосферу, от агломашин и охладителей;

– с аспирационными выбросами – потери с пылью, выбрасываемой в атмосферу с воздухом из системы аспирации.

Организованные пылевывосы – выбросы пыли с технологическими и аспирационными газами и воздухом после их очистки в очистных аппаратах – следует отнести к безвозвратным потерям, которые необходимо снижать с применением мероприятий для каждого случая.

Неорганизованные пылевые выбросы образуются в результате наличия многочисленных очагов пыления, непостоянства функционирования их и различной интенсивности пылевыведения.

К частично возвращаемым потерям следует отнести потери со шламами при гидроудалении. Жидкотекучие шламы образуются при гидросмывах батарейных циклонов, сточных вод из скрубберов, шлам при гидротранспорте пыли из пылевых мешков коллекторов зон спекания и охлаждения агломашин, от гидросмыва осевшей пыли в производственных помещениях.

Изменение величины фактических потерь в большую или меньшую сторону свидетельствует, при неизменных технологических условиях и сырьевых ресурсах, о состояниях технологического процесса и используемого оборудования.

На Исфаханском металлургическом заводе пылеобразование на усреднительном складе сырья, связанное с распространением пыли через проемы подачи вагонов, было успешно ликвидировано [6]. Это достигнуто путем постройки автоматической установки для увлажнения руды в вагонах перед подачей их в вагоноопрокидыватель, а также установки автоматически опускающихся экранов при установке вагона на платформу вагоноопрокидывателя.

Наиболее значимыми технологическими участками и производственными операциями на аглофабриках, с точки зрения потерь материалов, являются [7] гидросливы аспирационных и пылеочистных аппаратов при очистке газов и гидроунос шламов со сливами отстойников (34–41 % отн.), неорганизованные выбросы при разгрузке, обработке и транспортировке агломерата (9–17 % отн.), доставка и разгрузка материалов (9–17 % отн.).

Целью работы является комплексное исследование источников образования потерь сырья на аглофабрике, определение их вклада в общую величину потерь, а также оценка возможного уровня потерь сырья на аглофабрике металлургического комбината с полным технологическим циклом производства.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. На аглофабриках КГГМК «Криворож-сталь» с различными технологическими линиями, оснащенными агломерационными машинами общей площадью 62,5, 120 и 135 м², были выполнены исследования потерь сырья на всех участках, начиная от вагоноопрокидывателя и рудного двора и заканчивая отгрузкой агломерата потребителю.

Механические потери сырьевых материалов при приёмке, разгрузочно-перегрузочных операциях определяются расположением приёмных участков складских зданий и сооружений, их компоновкой. В этой связи выполнен сравнительный анализ функционирования и образования потерь на складах различных типов, а именно: открытые склады напольного типа с раздельным штабелированием сырьевых компонентов (для агломашин площадью 120 и 135 м²) и склады типа «рудный двор» с организацией формирования шихтовых штабелей (для агломашин площадью 62,5 м²).

Приём материалов в обоих случаях осуществляется при помощи вагоноопрокидывателей. На одном из складов (напольный) вагоноопрокидыватель оснащён вытяжным устройством с последующей очисткой запылённого воздуха и частичным улавливанием пылевидной части. Часть пылевидных материалов рассеивается на прилегающих площадях, образуя безвозвратные потери. Далее материал транспортируется конвейерами по складским галереям и сбрасывается на площадки под галереями. Высота сбрасывания может составлять 10–30 м, в зависимости от наличия материала под разгрузочной воронкой. Распыление и потери сырья будут зависеть от высоты сбрасывания, атмосферных условий (ветер, осадки) и физико-химических свойств материалов (влажность, плотность, наличие дисперсных частиц и др.).

Средние показатели количества потерь с распылением отличаются в различные периоды года и могут составлять 5,0–5,1 % в общем объеме потерь материалов.

На участке приёма шихтовых компонентов и подготовки шихты типа «рудный двор», при изучении последовательности осуществляемых операций и их цикличности, были определены конкретные точки потерь материалов с пылью.

Распыление материалов начинается при выгрузке их из вагонов. Процесс непосредственной выгрузки из наклонного вагона происходит в течение 40–45 с. В этот момент и происходит интенсивное пылевыведение. Интенсивность его зависит от физических свойств материалов: влажности, содержания дисперсных частиц, истинной плотности, аутогезионных свойств, а также от внешних погодных условий: наличия осадков, силы и направления ветра. В зависимости от физических свойств материалов находится время витания пылевых частиц, высота пылевого облака. Визуальные наблюдения показали, что видимая высота запылённого объема воздуха достигает 3–6 м от уровня материала, находящегося в траншее, время его витания от 15 до 60 с в зависимости от вида материала.

В роботі визначали час витання частинок і можливий їх унос на визначене відстань при вимірюваній швидкості вітру.

Аналіз пилу, отриманого в пробіотборники після її осадження в районі вагоноопрокидувача, показує, що в складі її переважають фракції менше 0,04 мм. Відзначається ця пил і від розвантаженого матеріалу за хімічним складом. Так, при розвантаженні залізорудного концентрату і аглоруди, уносимий пил має менше вмісту заліза, ніж основний матеріал, а більше частинок породи, як більш легких. Цей фактор відзначається в основному в сухе і тепле час року.

При розвантажувально-перезвантажувальних операціях, виконуваних з отсевами з ДЦ-1 і ДЦ-2, особливо помітна інтеграція дисперсної частини матеріалу не тільки за розміром, але і за складом. Найбільш уносу підлягають частинки вапна, не увійшовши в процеси спекання при виробництві офлюсованого агломерату і окатишів. Самі ці частинки вапна і дисперсні зерна рудних мінералів силікатної частини шлаків, утворених від стирання шматочків агломерату, окатишів і шлаків, складають уносимий пил. Крім того ця пил має менший показник справжньої густоти порівняно з основним матеріалом (на 12–18 %), що робить її більш «літучою» і утримуваною в підвішеному стані.

Результати розрахунків показують, що піднімаючись потоком повітря при розвантаженні піднімаються частинки розміром менше 40–20 мкм при питомій густоті менше 3,5 г/см³. Для їх виносу повітряним потоком за межі рудного двору необхідно підняти частинки на висоту більше 10–12 м.

Усі наступні операції за транспортуванням виконуються з сумішшю шихтових матеріалів, яка володіє фізико-хімічними властивостями, що відрізняються від кожного з складових компонентів. В цій суміші відбувається аутогезійне взаємодія частинок між собою – їх укрупнення. Тому змінюється характер пилоутворення в залежності від приданих нових фізичних властивостей. Зменшується кількість частинок, здатних довгий час перебувати в підвішеному стані і за цей період унесені вітром за межі складських ділянок (району прийомної траншеї,

ділянки складання штабелів). Наступним джерелом пиління і механічних втрат на рудному дворі є рудні штабелі. Укладений штабель має щільну структуру, так як в ньому знаходяться значні кількості матеріалів, ущільнених при укладці падінням з висоти 2,5–3,0 м і під власною вагою. Підготовлений штабель має багатоконпонентний склад, як за хімічними властивостями, так і за механічними. Кожен компонент має свою природу, стан і властивості поверхні зерен. Взаємодія частинок між собою сприяє утворенню конгломератів, тобто укрупненню частинок, а також аутогезійному взаємодію частинок. Ці фактори не дають відірвати частинки з поверхні шару штабеля. Відірвані повітряним потоком підлягають тільки найтонкішим, легким частинкам з верхньої поверхності штабеля.

Таким чином, всі перезвантажувальні зони рудного двору є постійними джерелами механічних втрат шихтових матеріалів. Рівень цих втрат може коливатися в широких межах і залежить від багатьох факторів: починаючи з змінюючихся характеристик розвантажуваних матеріалів і стану обладнання і закінчуючи погодними умовами.

При існуючому стані і режимі розвантаження і транспортування, ці втрати є неминувими і кількісно важко враховуваними.

Виконані заміри і розрахунки показують (табл. 1), що на рудному дворі при розвантажувально-перезвантажувальних операціях, утворенні і обробці штабеля втрати окремих компонентів шихти в загальному об'ємі втрат по всіх джерелах можуть мати значні відмінності.

В роботі виконані вимірювання якості складового складу технологічних і аспіраційних газів, викинутих в атмосферу після очищення в пилоочищальних апаратах. Пил в цих газах є однією з складових організованих безповоротних втрат сировини. Ще одна складова цих втрат – пил, що знаходиться в відходному повітрі з аспіраційних установок. В табл. 2 і 3 наведені показники визначень кількості і складу пилу в відходних газах.

Таблиця 1 – Результати інструментальних визначень розпилення шихтових компонентів при утворенні штабеля на рудному дворі

Шихтові компоненти	Концентрат	Аглоруда	Отсев	Окалина	Шламова суміш	Колошниковий пил	Шлак сталеплавильний	Известняк дрібний	Известь (кусок)	Известь (пил)	Торф
Втрати, % (відносні)	10,0–10,8	14,6–15,1	17–21	8,4–10,3	17,7–20,3	18,5–21,0	10,7–15,6	15,8–16,6	24,5–27,5	21,4–23,8	3,2–4,8

Таблиця 2 – Количественно-качественная характеристика пыли в газах, отводимых из агломашин

Площадь агломашин, м ²	Выбросы пыли (сред. по а/м)		Химический состав пыли, %							Характеристика газоочисток
	г/нм ³ (одна а/м)	% (относит.) к общим потерям	Fe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	C	
62,5	0,48-0,56	10,6	49,05	8,44	6,74	13,15	0,7	0,73	0,9	Сухая газоочистка в батарейных циклонах
120,0	0,18-0,196	2,6	50,7	12,3	9,32	11,79	0,98	0,78	1,05	Сухая газоочистка в батарейных мультициклонах
135,0	0,13-0,136	2,3	51,6	11,8	8,8	11,82	1,03	0,84	0,86	2-х стадийная очистка: мокрая + сухая

Таблиця 3 – Количественно-качественная характеристика безвозвратных потерь после очистки аспирационного воздуха на технологических участках

Площадь спекания агломашины, м ²	Выбросы пыли		Химический состав, %						
	г/нм ³ (одна а/м)	% (относит.) к общим потерям	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C
75	0,04–0,05	1,8	53,6	12,85	9,7	0,88	11,42	0,9	0,38
125	0,055–0,066	2,03	53,2	11,6	9,5	0,9	12,3	1,1	0,2

Значительные пылевывбросы наблюдаются в районе корпусов спекания. Это в основном безвозвратные неорганизованные потери шихтовых материалов.

Следует также отметить, что наружные площадки, крыша, металлические конструкции корпуса спекания являются «пылесборниками» участков: разгрузочной части агломашин, рабочих площадок, на которых расположены рабочая и холостая ветвь агломашин, выбросы аспирационной трубы – вытяжка из барабанов охлаждения возврата и другие. Эти «пылесборники» являются вторичными источниками пылеуноса, то есть, весь материал, оседающий на указанных участках, следует относить к безвозвратным потерям.

Результаты определений неорганизованных выбросов приведены в табл. 4.

Во «влажные» периоды года «вторичные пылеисточники» в меньшей степени пылят. Осевший материал уплотняется, образуется корка, которая препятствует уносу пыли. Этот материал возможно утилизировать при помощи ручной уборки. Поэтому количество механических потерь на этом участке может иметь другую величину.

Образующиеся в технологических процессах мелкие, тонкие и тонкодисперсные продукты в виде пылей, уловленных в газоочистных аппаратах и в аспирационных установках, просыпи материалов при их транспортировании и перегрузках, с помощью гидротранспорта по трубам направляют в отстойники. При наполнении отстойников происходит оседание твердых частиц вследствие снижения скорости потока пульпы. По мере оседания частиц и уплотнения слоя шламов, вода осветляется и удаляется в сливную трубу.

Отстойники представляют собой котлованы, на дно которых уложены крупные фракции гравия

(более 100 мм). Количество отстойников равно трем. Режим работы их следующий: заполнение – отстаивание – забор осевших шламов из отстойника. В то время как один из отстойников наполняется, во втором, ранее наполненном, происходит оседание твердых частиц на дно, слив и выветривание воды, из третьего, наполненного, подсохшие шламы при помощи экскаватора загружают в автосамосвалы и вывозят на бетонированную площадку или сразу выгружают в думпкары (полувагоны).

Характеристики шламов приведены в табл. 5 и 6.

Анализ причин потерь (табл. 7) показывает, что главными из них являются отсутствие надлежащего усреднения прибывающих материалов на складе, смешивание их между собой. Это приводит к необходимости частой корректировки состава шихты, изменению газодинамического режима и дестабилизации процесса спекания на агломашине, что в свою очередь способствует колебаниям прочности аглопилога, повышенному пылеобразованию на всех последующих участках его обработки.

В связи с выполнением технологических операций по подготовке шихты на рудном дворе под открытым небом, их точность в значительной степени зависит от погодных условий – силы ветра, наличия и количества осадков, потери влаги и унесения высохшей части материалов, смерзания материалов в комя различной величины. Смерзшиеся комя рудной смеси при загрузке на спекательные тележки сегрегируют вниз слоя, по мере размораживания превращаются в пыль, которая просыпается сквозь колосники. Кроме того, смерзшиеся комя рудной смеси вызывают появление в пироге агломерата неспеченных гнезд, что способствует пылеобразованию.

Таблиця 4 – Неорганизованные выбросы пыли корпусов спекания агломерата

Технологические участки и источники пыления	Выбросы дефлекторов, вытяжных труб, естественные вытяжки, крыши корпусов, галерей			Бункера накопления, дозирования, транспортирования возврата. Участок расположения барабанов тушения возврата, транспортирования, перегрузки			Разгрузочный участок агломерата с машины; дробление спека, грохочение горячего агломерата			Площадки на уровне погрузочных желобов. Площадки под разгрузочными желобами. Отметки рабочей и холостой ветви агломашин. Грохочение холодного агломерата			Загрузка агломерата в вагоны			Участок линейного охладителя
	Площадь агломашин, м ²	62,5	120,0	135,0	62,5	120,0	135,0	62,5	120,0	135,0	62,5	120,0	135,0	62,5	120,0	
Количество выбросов на участках, % отн.	3,8	16,2	2,9	15,3	35,2	2,7	15,5	28,3	46,5	53,0	-	18,0	12,4	20,3	11,1	18,8
Грансостав (мм), %	+2,5	-	0,2	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	6,2
	1,0-2,5	-	1,7	1,0	-	-	1,3	-	0,9	-	-	-	-	-	-	4,1
	0,63-1,0	-	1,9	1,4	2,8	-	4,7	1,2	4,7	0,05	-	-	0,1	-	-	5,7
	0,4-0,63	-	3,4	1,8	3,9	2,1	19,4	3,4	12,3	0,1	-	-	0,3	-	-	14,2
	0,2-0,4	6,6	16,1	31,8	16,7	1,9	15,5	18,3	17,4	2,4	9,0	-	0,8	5,88	-	28,6
-0,2	93,4	76,9	63,8	76,6	96,0	59,1	77,1	63,3	97,45	91,0	-	98,8	94,12	-	41,2	
Химический состав, %	Fe	53,04	48,7	47,55	-	-	50,9	43,2	53,03	51,56	45,93	-	51,03	53,16	-	52,6
	CaO	13,82	14,4	12,27	-	-	16,3	16,19	8,32	13,86	14,24	-	15,1	12,69	-	14,3
	SiO ₂	5,29	9,42	10,35	-	-	11,2	7,96	8,89	9,14	7,26	-	9,1	6,97	-	8,9
	MgO	-	1,21	1,42	-	-	1,29	-	1,2	-	-	-	-	-	-	0,8
	C _{орг.}	-	2,1	1,25	-	-	0,63	-	-	1,89	-	-	0,8	-	-	-

Таблиця 5 – Характеристика суммарных шламов, поступающих в отстойники

Массовая доля твердого в пульпе г/л	Гранулометрический (мм) состав (%)						Химический состав, %					
	+1,0	0,63-1,0	0,63-0,4	0,2-0,4	0,05-0,2	-0,05	Fe	SiO ₂	CaO	MgO	C _{орг.}	п.п.п.
8,2–10,5	2,3	1,6	3,0	3,0	19,0	71,1	55,89	8,86	3,45	1,1	1,49	0,04
7,5–9,8	1,0	1,2	1,1	2,3	19,9	74,5	53,88	8,5	6,0	1,4	0,88	0,08
8,3–10,8	0,8	1,3	1,1	15,4	21,7	59,7	50,08	7,5	8,6	1,42	1,66	0,08

Таблиця 6 – Химсостав шламов, теряемых с осветленной водой при сбросе из отстойников

Компоненты	Fe	CaO	MgO	SiO ₂	C _{орг.}
Массовая доля, %	53,0–56,0	8,5–11,5	1,1–1,4	8,3–9,5	1,0–2,6

Таблиця 7 – Механические потери сырьевых материалов на технологических участках

Технологические участки и производственные операции	Относительная величина потерь к общему их количеству на аглофабриках с различным складированием исходного сырья, %	
	напольный открытый склад	приёмный склад сырья типа «рудный двор»
Доставка и разгрузка материалов	6,82	15,4–16,4
Складирование и забор сырьевых материалов	5,1	23,5–22,1
Разгрузочно-перегрузочные операции, транспортирование смеси	-	
Участки шихтоподготовки, транспортирование шихты	7,32	-
Накопление, дозирование возврата, первичное смешивание	7,32	-
Вытяжные устройства корпусов	14,4	-
Неорганизованные выбросы при разгрузке, обработке и транспортировании агломерата	8,8	12,0–16,7
Вынос пыли с технологическими газами, аспирационным воздухом	2,3	7,6–7,7
Охлаждение агломерата на линейных охладителях	14,14	-
Гидросливы аспирационных и пылеочистных аппаратов при очистке газов и вынос шламов со сливами отстойников	33,8	37,4–41,5
Всего: %	100,0	100,0

Указанные факторы могут изменять качество закладываемых в штабель материалов, их количество в обрабатываемом штабеле, вносить коррективы в расходные коэффициенты. Все это отрицательно сказывается на процессе спекания, качестве агломерата и увеличивает механические потери.

В существующих условиях, когда стабильность дозирования, усреднения шихтовых компонентов, при подготовке рудной смеси в значительной мере предопределяется непредусмотренными условиями, сложно получить однородную шихту, а вследствие этого поддерживать заданные технологические параметры спекания. Поэтому не всегда получается прочный однородный спек, что приводит к пылеобразованию в разгрузочной части агломаши.

Таким образом, недостаток в усреднении шихтовых материалов является одной из главных причин образования механических потерь сырьевых материалов. Поскольку эта операция находится в голове процесса агломерации и имеет низкую эффективность, все последующие операции осуществляются с нарушением заданных параметров. Следует отметить, что улучшение однородности шихтовых материалов агломерационного производства не только снижает потери сырья, но также повышает важнейшие показатели аглопроцесса. Так, снижение колебаний содержания железа в сырье на каждую $\pm 0,1$ % уменьшает массовую долю мелких фракций < 5 мм в агломерате на 0,32 % и колебания основности агломерата на 4,0 %, снижает расход топлива на 1,20 %, повышает производительность машин на 0,28 % [8]. Последнее обусловлено стабилизацией теплового режима спекания аглошихты [9].

С целью снижения потерь сырьевых материалов разработаны соответствующие мероприятия для каждого участка, имеющего источники пылеобразования, а также выполнены предпроектные проработки реконструкции приёмных складов сырья и оснащения их необходимым оборудованием, предложена очередность их выполнения с поэтапным снижением потерь. Реализация мероприятий первого этапа позволит снизить механические потери на 0,3–0,45 % без значительных затрат. Выполнение рекомендуемых мероприятий, учитывая изношенность оборудования и устаревшие технические решения, позволит получить (% абс.): 1) реально-достижимый уровень потерь – 3,7–3,75; 2) оптимально-достижимый уровень потерь – 2,8–3,2; 3) максимально-достижимый уровень потерь – 1,45–1,6. При этом следует иметь в виду, что механические потери – это только один из видов безвозвратных потерь сырья, общая величина которых при производстве железорудного агломерата составляет от пяти (для рудного сырья – аглоруды, железорудного и марганцевого концентратов) до двух (для известняка) процентов [10].

ВЫВОДЫ. Выполненная работа подтверждает неизбежность образования механических потерь в технологических операциях агломерационного про-

изводства, величина которых предопределяется состоянием технологического оборудования. Значительное влияние на величину безвозвратных потерь оказывает отсутствие усреднительных складских площадей и оборудования.

Кардинальное снижение потерь возможно при условии внедрения нового высокопроизводительного оборудования и передовых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юсфин Ю.С., Черноусов П.И., Неделин С.В. Ресурсно-экологическая оценка аглодоменного производства. – Сталь, 2001. – № 4. – С. 1–5.
2. Шишацкий А.Г., Пицык Ю.В. Влияние поверхностно активных веществ на смачиваемость сыпучих материалов // Вісник Кременчуцького університету ім. Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 2/2010 (61), част. 1. – С. 117–119.
3. Большанина С.Б., Басов М.В., Мальований М.С. Утилізація твердих відходів ливарних виробництв – відпрацьованих ливарних форм // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського. – 2014. – Вип. 4/2014 (87). – С. 175–179.
4. Спильник Н.В., Щербак С.А. Использование гранулированных шлаков от производства силикомарганца при изготовлении строительных материалов // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського. – 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 175–179.
5. Аналитическое и практическое обоснование влияния качественной характеристики исходных сырьевых материалов на работу аглофабрики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: первоисточник www.gontateh.com.ua; перепечатка [maxpark.com](http://maxpark.com/user/1543056767/content/532492) user/1543056767/content/532492.
6. Складирование и усреднение сырьевых материалов на рудном дворе ПАО «АрсеролМиттал Кривой Рог» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://student.zoomru.ru/metall/skladirovanie-i-usrednenie-syrevyh-materialov/212496.1715183.s5.html>.
7. Савельев С.Г., Петров А.В. Анализ потерь сырья в агломерационном производстве // Междунар. науч.-техн. конф. «Университетская наука 2015»: Тезисы докладов. – Т. 1, Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2015. – С. 52–53.
8. Теория и практика управления агломерационным процессом / С.Б. Новак, Н.И. Гармаш, В.А. Мартыненко, А.В. Мартыненко; под ред. В.А. Мартыненко. – Кривой Рог: ООО «Этюд-Сервис», 2006. – 340 с.
9. Усреднительные комплексы для подготовки железорудного сырья к металлургическому переделу / [Л.Н. Сайтгареев, В.А. Мартыненко, С.Г. Савельев и др.] – Днепропетровск: Пороги, 2012. – 297 с.
10. Глухов В.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.

RESEARCH OF FORMATION AND DISTRIBUTION OF MECHANICAL LOSSES
IN RAW SINTER PRODUCTION

A. Petrov, Y. Velikohatko

Kryvyi Rih National University

vul. XXII Parts'ezda, 11, Krivoy Rog, 50027, Ukraine.

E-mail: avpetrov462@gmail.com, yanochkast1989@rambler.ru

V. Lunev

Zaporizhzhya National Technical University

vul. Zhukovskogo, 64, Zaporozhye, 69063, Ukraine. E-mail: mitlv@ukr.net

Purpose. The make the comprehensive study of sources of mechanical losses of raw material in the sinter plant, the definition of their contribution to the total amount of losses, as well as assessment of the possible level of losses of raw materials for sinter plant of metallurgical plant with the full technological cycle of the production. **Methodology.** We have determined by instrumental methods the losses of raw materials in all areas of the sinter production. We have examined the chemical composition and particle size distribution of dust and sludge, which are released into the environment in the form of organized and unorganized emissions. **Results.** We have had got the relative values of the mechanical losses of raw materials and their qualitative and quantitative characteristics in the production of the sinter at different technological schemes of its production on the sintering machines of area 62.5, 120.0 and 135.0 m².

The average values of the losses from the spray on the open floor warehouses are different at different times of the year and can be up to 5.1% in the total loss of materials. Updraft lifted during unloading particle size of less than 40-20 microns in specific gravity is less than 3.5 g/cm³. For their removal by airflow outside the lodge needs the ore particles rise to a height of 10-12 m. For their removal by airflow outside from the lodge the particles needs to rise a height of 10-12 m. The main reason for the loss is the lack of proper averaging materials in stock, mixing them together. **Originality.** For the first time, we have carried out the integrated research of the mechanical losses of raw materials in the production of iron ore sinter, which is one of the most important environmental pollutants. It was found that the largest source of losses are the spillway of aspiration and dust and gas of cleaning devices in the purification of gases and grounds sludge lagoons with plums, fugitive emissions during unloading, handling and transportation of the agglomerate, and also the delivery and unloading of materials. **Practical value.** On the basis of studies relevant activities are designed for each site, the available sources of dust and it was made the pre-design renovation of foster warehouses of raw materials and equipping them with the necessary equipment, it were proposed priorities for their implementation with a phased reduction in losses. The implementation of the first stage measures will reduce losses to 0.3-0.45 % without significant cost. References 10, tables 7.

Key words: sinter, losses, warehousing, averaging, emissions.

REFERENCES

1. Yusfin, U.S., Chernousov, P.I. and Nedelin, S.V. (2001), "Resource-ecology assessment of sinter-blast furnace production", *Stal*, no. 4, pp. 1–5.
2. Shishatskiy, A.G. and Pitsyk, Y.V. (2010), "The effect of surfactants on the wettability of bulk materials", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, iss. 2, no. 61, part 1, pp. 117–119.
3. Bolshanina, S.B., Basov, M.V., Malovanyy, M.S. (2014), "Disposal of solid waste of foundry - waste molds", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, iss. 4, no. 87, pp. 175–179.
4. Spylnyk, N.V. and Shcherbak, S.A. (2013), "Use of granulated slag from the production of silica-manganese in the manufacture of building materials", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, iss. 3, no. 80, pp. 117–119.
5. Maxpark, A. (2010), "Analytical and practical substantiation of influence of qualitative characteristics of the original raw materials to work sinter plant", available at: <http://maxpark.com/user/1543056767/content/532492> (accessed August 8, 2015).
6. Report (2013), "Storage and homogenization of raw materials in the ore yard PJSC "ArserolMittal Kryviy Rih", available at: <http://student.zoomru.ru/metall/skladirovanie-i-usrednenie-syrevykh-materialov/212496.1715183.s5.html> (accessed August 8, 2015).
7. Saveliev, S.G. and Petrov, A.V. (2015), "Analysis of the loss of raw materials in the sintering production", *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Universitetskaya nauka 2015"*. T. 1 [Abstracts of International scientific and technical conference "Universitetskaya nauka 2015". Vol. 1], Mariupol, GVUZ "Pryazovskyi State Technical University", 2015, pp. 52–53.
8. Novak, S.B., Garmash, N.I., Martynenko, V.A. and Martynenko, A.V. (2006), *Teoriya i praktika upravleniya aglomeratsionnym protsessom* [The theory and practice of management sintering process], OOO "Etyood-Servis", Krivoy Rog, Ukraine.
9. Saitgareev, L.N., Martynenko, V.A., Saveliev, S.G. et al. (2012), *Usrednitelnye komplekсы dlya podgotovki zhelezopudnogo syrya k metallurgicheskomu peredelu* [Blending systems for the preparation of iron ore to the metallurgical conversion], Porogi, Dnepropetrovsk, Ukraine.
10. Glukhov, V.V. and Nekrasova, T.P. (2003), *Ekonomicheskie osnovy ekologii* [Economic fundamentals of ecology], Piter, SPb, Russia.

Стаття надійшла 23.07.2015.