



# ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 658.567:[621.929.6:001.891.5]  
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.40536

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРТАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ-ГОМОГЕНИЗАТОРА

**Засельский Владимир Иосифович**, доктор технических наук, профессор  
Кафедра металлургического оборудования, Криворожский металлургический институт,  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет», ул. Революционная, 5, г. Кривой Рог, Украина, 50006

**Пополов Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук  
Кафедра металлургического оборудования, Криворожский металлургический институт,  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет», ул. Революционная, 5, г. Кривой Рог, Украина, 50006  
E-mail: dmitrypopolov@gmail.com

**Засельский Игорь Владимирович**  
Кафедра металлургического оборудования, старший преподаватель,  
Криворожский металлургический институт, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,  
ул. Революционная, 5, г. Кривой Рог, Украина, 50006  
E-mail: zasicom@mail.ru

*В статье представлены результаты промышленных исследований и конструкция смесителя-гомогенизатора. Особенностью смесителя является обеспечение одновременного протекания процесса дезинтеграции и гомогенизации с использованием эффекта естественной гравитации.*

*Ключевые слова: прокатная окалина, смешивание, коэффициент неоднородности.*

*У статті представлені результати промислових досліджень і конструкція змішувача-гомогенизатора. Особливістю змішувача є забезпечення одночасного протікання процесу дезинтеграції та гомогенізації з використанням ефекту природної гравітації.*

*Ключові слова: прокатна окалина, змішування, коефіцієнт неоднородності.*

### 1. Введение

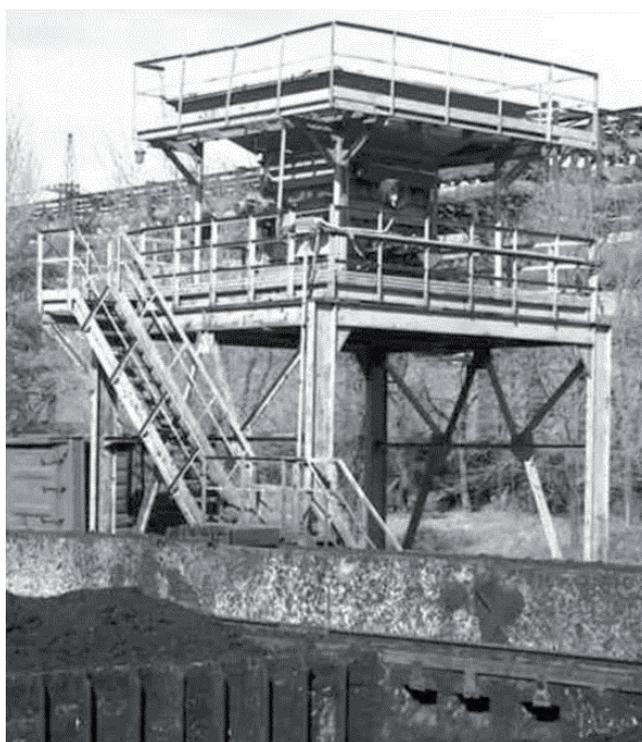
В условиях непрерывного роста цен на основные виды сырья, одним из способов повышения эффективности работы металлургических предприятий является вовлечение в сырьевую базу и рациональное использование вторичных металлургических ресурсов, которые неизбежно образуются в процессе металлургического передела. Так при производстве проката потери металла в виде окалины составляют около 5 % [1], что для крупных металлургических комбинатов эквивалентно сотням тысяч тонн этого продукта в год. По химическому составу, окалина является ценным вторичным ресурсом с высоким до 69..72 % (в расчете на нелетучий остаток) содержанием железа. Таким образом, одной из важнейших эколого-технологических проблем в черной металлургии является обеспечение утилизации и вовлечения прокатной окалины в один из цик-

лов переработки металлургического сырья [2, 3]. В настоящее время утилизация окалины вторичных отстойников, которая содержит до 70 % твердого вещества (собственно окалины), а также до 20 % масла и 10 % воды, в соответствии с действующей технологической схемой на комбинате ПАТ «АрселорМиттал Кривой Рог» происходит путем обработки ее активированным торфом с послышной закладкой перерабатываемых продуктов в штабель, что обеспечивает понижение влажности окалины и деструкцию нефтяных углеводородов [4], с целью дальнейшего использования смеси в агломерационном процессе.

### 2. Исследование работы смесителя-гомогенизатора в промышленных условиях

Для обеспечения технологических требований агломерационного производства по однородности вещественного состава окалино-торфяной смеси, ее

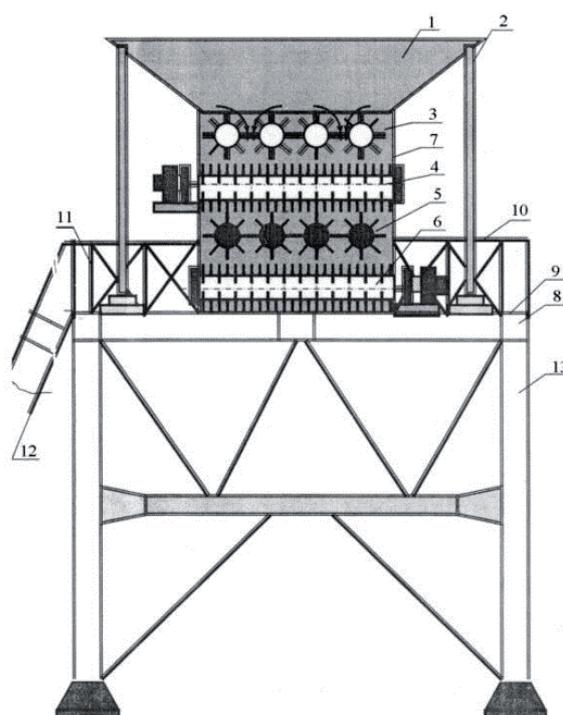
газопроницаемости и сыпучести, был разработан и изготовлен опытный образец смесителя-гомогенизатора (рис. 1), который был поставлен на промышленные испытания в условиях участка подготовки обмасленной окалины и торфа шламового цеха управления главного энергетика комбината ПАТ «АрселорМиттал Кривой Рог». Конструкция смесителя позволяет одновременно выполнять операции дезинтеграции и гомогенизации с использованием эффекта естественной гравитации, что позволяет не затрачивать электроэнергию на перемещение материала, в полости смесителя, от загрузки к выгрузке [5].



в шести точках, равноудаленных по длине и на расстоянии 0,5 м от борта. Заглубление пробоотворника в указанных точках проводилось на высоту, равную  $H = 1$  м.

Исследование энергосиловых параметров выполнялось путем проведения измерений потребляемой мощности, токов и напряжений на установленных электродвигателях при холостом и рабочем режимах смесителя.

Измерения проводились посредством измерительного комплекта К-50 с использованием для расширения пределов измерения по току блока трансформатора Н-508.



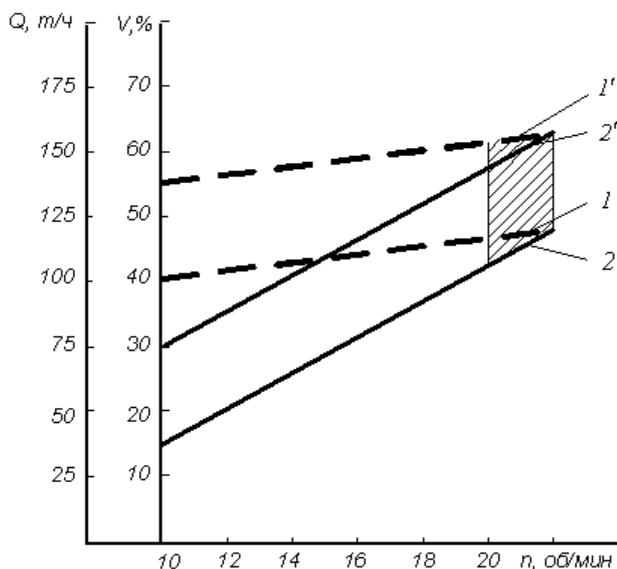
**Рис. 1.** Опытный образец смесителя-гомогенизатора: 1 — приемный бункер; 2 — стойка; 3, 4, 5, 6 — царга; 7 — обвязка; 8 — портал; 9 — настил; 10, 11 — ограждение; 12 — лестница; 13 — несущая рама

Целью промышленных исследований являлось определение эксплуатационных характеристик смесителя-гомогенизатора, а также оценка эффективности его работы в условиях шламового цеха ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Методика промышленных испытаний включала исследования: технологических и энергосиловых параметров, а также надежности и долговечности отдельных узлов смесителя. Исследование технологических параметров включало определение производительности смесителя ( $Q$ , т/ч), путем хронометрирования времени загрузки вагона перерабатываемым материалом и качества смешивания, за оценку которого принимался коэффициент неоднородности ( $V_c$ , %) [6]. Для его определения из вагона отбирались пробы

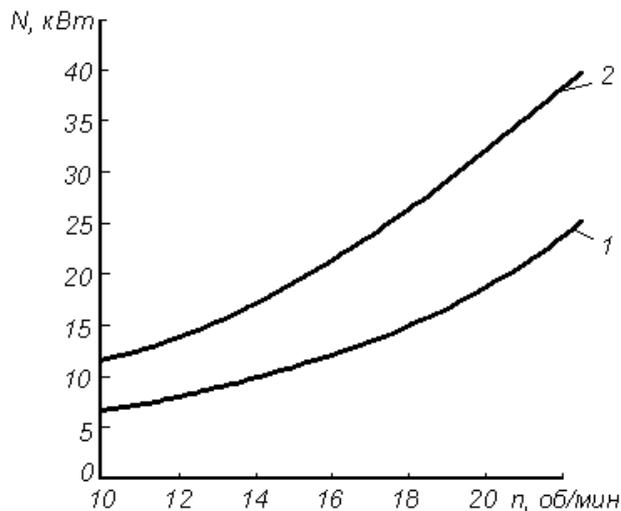
В качестве варьируемого параметра была принята частота вращения ( $n$ ) валов царг смесителя, которая изменялась при помощи частотного преобразователя типа «Omron» и составляла: 10; 15; 20; 23 об/мин. Поскольку, участок подготовки обмасленной окалины и торфа открытого типа, а промышленные исследования были проведены в весенний, летний и осенний периоды, при исследовании выше перечисленных параметров также учитывалась фактическая влажность смешиваемого материала, которая изменялась в пределах от 7 до 13%. При проведении исследований использовались методы математической обработки результатов экспериментов [7], которые представлены на рис. 2–4.

Из полученных зависимостей видно, что при увеличении частоты вращения ворошителей царг

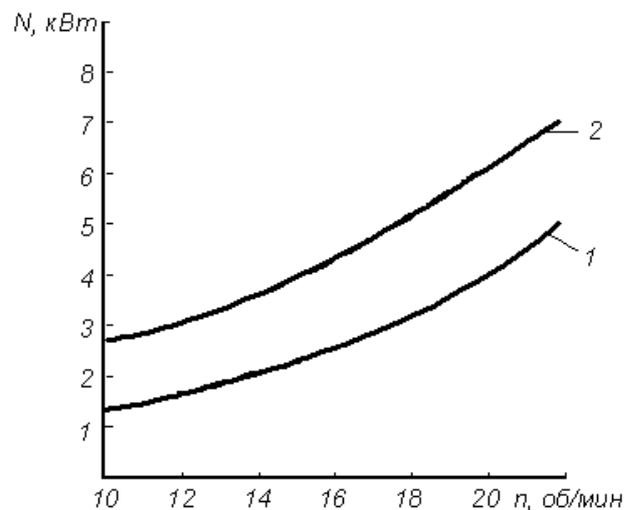
и влажности смешиваемого материала происходит значительный рост потребляемой мощности и производительности смесителя, сопровождающееся ухудшением качества смеси. В свою очередь, при влажности материала, равной  $W = 13\%$ , кроме резкого повышения мощности, наблюдается залипание, как приемной решетки, так и лопаток смесителя, из этого следует, что для эффективного смешивания влажность материала не должны превышать  $W = 13\%$ . Также установлено, что энергозатраты первой царги, принимающей материала из бункера, существенно отличаются от разгрузочной. Разница между их энергозатратами в среднем составляет  $N = 2$  кВт, свидетельствуя, что разгрузочная царга по отношению к приемной сильно недогружена. Исходя из технологических требований производительность смесителя должна составлять не менее 100 т/час, тогда на графике (рис. 2) можно выделить необходимую рабочую зону (заштрихованная область), откуда видно, что в диапазоне от 20 до 22 об/мин при влажности материала, равной  $W = 7\%$ , обеспечивается производительность от 105 до 110 т/час при среднем значении коэффициента неоднородности  $V_c = 48\%$ . Увеличение влажности до  $W = 13\%$ , приведет к росту производительности, которая в ранее упомянутом диапазоне частот вращения составит 140 и 150 т/час соответственно, при этом коэффициент неоднородности увеличится в среднем до 58%, что свидетельствует о снижении качества смеси.



**Рис. 2.** Зависимость производительности смесителя и коэффициента неоднородности от частоты вращения ворошителей при разной влажности материала: 1 и 1' — коэффициент неоднородности при влажности  $W = 7\%$  и  $W = 13\%$ ; 2 и 2' — производительность смесителя при влажности  $W = 7\%$  и  $W = 13\%$



**Рис. 3.** Зависимость суммарных энергозатрат смесителя от частоты вращения ворошителя царги при влажности материала: 1 —  $W = 7\%$ ; 2 —  $W = 13\%$



**Рис. 4.** Зависимость энергозатрат приемной и разгрузочной царг смесителя от частоты вращения ворошителей при влажности смешиваемого материала  $W = 7\%$ : 1 — разгрузочная царга; 2 — приемная царга

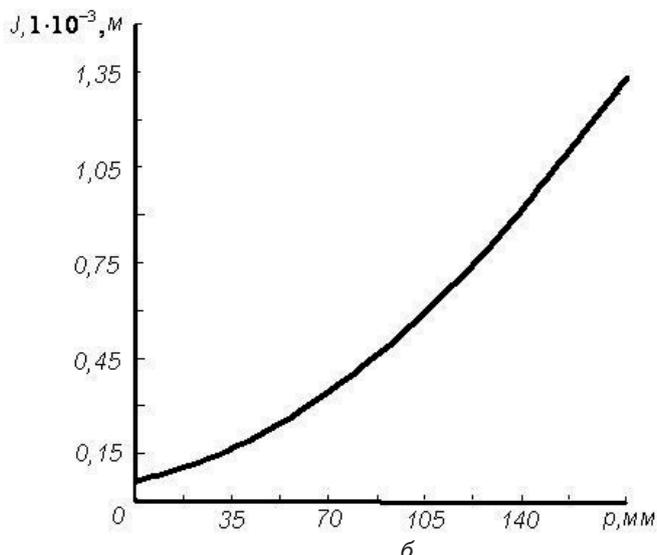
Исследование надежности и долговечности смесителя выполнялось посредством оценки интенсивности абразивного износа рабочего органа, которая устанавливалась путем замера толщины лопаток первой царги через каждые три месяца работы с помощью микрометра типа МК-25. Количество перегруженного материала определялось по журналам отгрузки сырья на аглофабрику комбината.

Результаты исследований после 1000 часов работы смесителя представлены на рис. 5, а, б.

Исходя из зависимости  $J = f(p)$ , следует, что максимальный износ лопаток наблюдается в их разгрузочной части, на основании чего можно сделать вывод о том, что для равномерного износа элементов (лопаток) рабочего органа смесителя и их большей работоспособности необходимо вы-



а



б

**Рис. 5.** Результаты исследований надежности и долговечности рабочего органа смесителя после 1000 часов работы: а — состояние приемной царги; б — зависимость величины износа ( $J$ ) по длине лопаток ( $\rho$ ) рабочего органа смесителя

полнить наплавку лопаток, начиная со средней их части в направлении разгрузки материала. Учитывая фактическую продолжительность работы смесителя-гомогенизатора и величины абразивного износа лопаток ворошителей, срок службы царг составляет не менее трех месяцев, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к эксплуатационной надежности оборудования, используемого в условиях аглодоменного производства [8].

### 3. Выводы

Таким образом, на основании проведенных промышленных исследований портального смесителя-гомогенизатора установлено, что разработанная

конструкция позволяет обеспечить технологически необходимую производительность 100 т/ч при качестве смеси, соответствующей коэффициенту неоднородности равному 48 %. В тоже время, для эффективного смешивания и оптимизации потребления электроэнергии влажность исходной шихты не должна превышать 13 %. Полученная разность в потребляемых мощностях приводами приемной и разгрузочной царг, указывает на необходимость проведения мероприятий по снижению энергопотребления, путем установки на разгрузочных царгах приводов меньшей номинальной мощности. Также установлено, что разработанный смеситель отвечает требованиям надежности для машин, эксплуатируемых в аглодоменном производстве.

### Литература

1. Воронин, Д. С. Утилизация окалины из сточных вод прокатных станов [Текст] / Д. С. Воронин, В. В. Разумовский, С. И. Спиридонова // Сталь. — 1983. — № 1 — С. 89–90.
2. Носков, В. А. Подготовка и переработка железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины [Текст] / В. А. Носков // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 2000. — № 2 — С. 109–113.
3. Крипак, С. Н. Эколого-технологические особенности подготовки замасленной прокатной окалины для использования в агломерационной шихте [Текст] / С. Н. Крипак, В. И. Шагоха, Л. В. Камкина // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 2005. — № 4 — С. 109–112.
4. Пат. 6238 Україна, МПК С22В 1/16. Спосіб агломераційної переробки замасленої прокатної окалини [Текст] / Гогенко О. О., Камкіна Л. В., Кекух В. В., Корякін В. М., Крипак С. М. — заявник та патентовласник Криворізький державний гірничо-металургійний комбінат «Криворіжсталь». — № 200500033; заявл. 04.01.2005; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4.
5. Пат. 97413 Україна, МПК В01F 7/04, В01F 7/08. Змішувач-гомогенізатор [Текст] / Учитель О. Д., Засельський В. Й., Пополов Д. В., Засельський І. В. — заявник та патентовласник О. Д. Учитель, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов, І. В. Засельський. — № 2014 11327; заявл. 17.10.2014; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5.
6. Гусев, Ю. И. Конструирование и расчет машин химических производств [Текст]: учебник / Ю. И. Гусев, И. Н. Карасев, Э. Э. Кольман-Иванов и др. — М.: Машиностроение, 1985. — 408 с.

7. Рыжов, П. А. Математическая статистика в горном деле [Текст] / П. А. Рыжов. — М.: Высшая школа, 1973. — 287 с.
8. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин [Текст] / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич; 4-е изд. — М.: Машиностроение. 1993. — 640 с.

*Abstract. The paper presents the results of industrial research of the developed mixer-homogenizer in conditions of a slurry plant PJSC «ArcelorMittal Kryvyi Rih». A feature of the mixer is ensuring simultaneous disintegration and homogenization process flow using the natural gravity effect. The purpose of the research was determining the mixer-homogenizer performance characteristics and effectiveness evaluation. As a result of the studies, process and power parameters of the mixer were specified, reliability and durability of its individual components were evaluated. Also, it was found that the designed mixer meets the reliability requirements for machines, operated in the sintering and blast-furnace production. The obtained results allow to improve the mixer design, develop an optimal maintenance schedule, identify measures to reduce energy consumption.*

*Keywords: mill scale, mixing, heterogeneity coefficient.*