

ISSN 0132 – 0890
www.rudmet.ru

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издается с 1961 года
(№ 1121)

05.2025

80 лет Великой Победы!





Дорогие ветераны Великой Отечественной войны, труженики тыла, соотечественники, коллеги!

9 мая 2025 года мы отметили знаменательную дату – 80-летие Победы в Великой Отечественной войне. Это священный праздник для нашего народа, который навсегда останется в наших сердцах.

Мы выросли на рассказах о войне от наших родителей, бабушек и дедушек, которые либо сами прошли через горнило войны, либо были детьми военного времени. Каждый из нас хранит в памяти истории о том, как война коснулась их семей: кто-то потерял родных и близких на фронте, кто-то пережил блокаду и концлагеря, кто-то трудился в тылу. Вся наша страна, весь наш народ ковали эту Великую Победу.

Сегодня, когда мы видим, как наши враги пытаются переписать историю, как искажают правду о роли Советского Союза в победе над фашизмом, как разрушают и оскверняют священные монументы и памятники, особенно важно сохранить истинную память о тех событиях. Ведь наши отцы и деды не просто защищали Родину — они спасли мир от фашистского ига, пожертвовав миллионами жизней. Казалось бы, фашизм исчез навсегда. Но нет, наши недруги возродили его на истинно славянской земле – в Украине. И вновь наши воины и весь российский народ встали на защиту нашей Родины от украинского фашизма и нацизма. И как в 1945 году, мы разобьем врага, и Победа будет за нами. Это нам завещали наши героические отцы и деды.

В майском выпуске журнала «Черные металлы» за 2025 год теме Победы посвящена статья К. А. Галан «Освобождение Южного берега Крыма от немецкой оккупации». Она рассказывает о том, как наряду с войсками 4-го Украинского фронта в борьбе с немецкими оккупантами и в освобождении Крыма огромную роль сыграли партизанские отряды. Их смелые и быстрые действия позволили спасти от уничтожения многие важные объекты и архитектурные памятники.

Другие публикации данного выпуска журнала посвящены главным образом темам подготовки сырьевых материалов к металлургическому переделу, прокатке и другим процессам обработки металлов давлением, а также нанесению покрытий и защите поверхности металлических изделий от коррозии.

С великим праздником, дорогие друзья! С днем Великой Победы!

**В. М. Колокольцев,
главный редактор журнала «Черные металлы»**

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом
«Руда и Металлы»

№ 5 (1121), май 2025 г.

Издается с 1961 г.

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения

Учредители:

Акционерное общество
«Издательский дом
«Руда и Металлы»

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»

Федеральное бюджетное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»

При участии:

ПАО «ММК»
ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева»
ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК»
ФГБУК «Государственный Эрмитаж»

Официальный информационный орган
Федерального УМО
«Технологии материалов»

Редакционный совет:

Главный редактор: В. М. Колокольцев
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев
Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников, А. Г. Воробьёв

А. М. Беленький, В. Блек (Германия), Ю. Л. Бобарикин (Беларусь), И. В. Буторина, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада), Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов, С. В. Коновалов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, И. П. Мазур, Т. Н. Матвеева, А. В. Мунтин, А. Е. Пелевин, Ю. Ю. Пиотровский, И. М. Потравный, А. Н. Савенок (Беларусь), А. В. Серебряков, И. А. Султангузин, А. Я. Травянов, А. С. Харченко, Н. А. Чиченёв, М. В. Чукин, И. В. Чуманов, А. Н. Шаповалов, П. Шеллер (Германия), Е. А. Яценко

Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства науки и высшего образования РФ включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» по следующим научным специальностям: 2.5.6. Технология машиностроения; 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением; 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов; 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов; 2.6.3. Литейное производство; 2.6.4. Обработка металлов давлением; 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы; 2.6.17. Материаловедение; 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых.

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6,
стр. 2, МИСИС, оф. 622

Адрес редакции:
• фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6,
стр. 2, МИСИС, оф. 617
• почтовый: 119049, Москва, а/я № 71
Телефон/факс: (495) 955-01-75
Эл. почта: chernet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru
www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения
«Черные металлы» № 5 (1121), май 2025 г.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.)
Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»
Отпечатано с предоставленных готовых файлов
в типографии «Кандлер»
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, стр. 66А.
Тел. (4852) 58-76-33
Дата выхода в свет: 05.06.2025. Формат 60×90/8.
Печ. л. 11,25. Offsetная печать. Бумага offsetная.
Тираж 600 экз. Цена свободная

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель
За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор
Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции
При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна
«Реклама» — материал публикуется на правах рекламы
Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции
и редсовета журнала



Подписные индексы:
12985 («Пресса России»)

СОДЕРЖАНИЕ

Подготовка сырьевых материалов

В. В. Брагин, А. М. Бижанов, И. С. Берсенев, М. С. Чернов. Исследование поровой структуры железорудных брикетов при их металлзации 4

В. С. Жабин, А. В. Нефедов, Н. А. Чиченев, И. И. Басыров. Реинжиниринг четырехвалковой дробилки для измельчения кокса с целью повышения ее надежности и производительности. 13

Производство стали

С. П. Еронько, С. М. Горбатов, О. А. Кобелев, И. С. Погорелов. Модернизация системы механизированной подачи стартовой смеси в выпускной канал сталеразливочного ковша. 17

Литейное производство

В. А. Иванова, А. Г. Панов. Терминология в области производства и применения модификаторов расплавов 23

Прокатка и другие процессы ОМД

Д. А. Кацуба, Р. Л. Шаталов, В. А. Медведев. Комплексное исследование показателей качества круглых стальных профилей с дном на прокатно-прессовой технологической линии со станом горячей винтовой прокатки 30-80 и прессом усилием 500 кН 28

А. А. Уманский, Р. Н. Молоканов, Р. А. Шевченко, А. Е. Долгополов. Исследования деформационных характеристик и энергосиловых параметров прокатки рельсовых сталей экспериментального химического состава 34

А. В. Кожевников, М. М. Скрипаленко, И. А. Кожевникова, М. Н. Скрипаленко. Актуальные направления исследований дрессировки полос 42

Производство труб

О. А. Панасенко, А. О. Халезов, Д. Ш. Нухов, Г. А. Орлов. Совершенствование конструкции оправочного узла прошивного стана поперечно-винтовой прокатки 48

Нагрев и термообработка

Н. А. Костин. Нитроцементация стали Х12МФ в пастообразном высокоактивном карбюризаторе при низкой температуре для повышения ее твердости и износостойкости. 53

Физика металлов

Ю. Н. Логинов, И. Н. Файфер. Влияние параметров кривой упрочнения материала на распределение деформаций при глубокой вытяжке 58

Нанесение покрытий и защита от коррозии

О. С. Бондарева, В. А. Третьяков, В. В. Чех. Влияние примеси меди в цинковом расплаве на ее накопление в ванне горячего цинкования и на структуру и свойства покрытия. 63

Е. И. Пряхин, Д. А. Прибыткова. Применение полимерных покрытий для защиты внешней поверхности труб городского горячего водоснабжения от коррозии 68

А. В. Храменкова, О. А. Финаева, Н. В. Деменева, Е. А. Яценко. Исследование эволюции морфологии поверхности и элементного состава покрытий на основе кобальт-марганцевой шпинели токовых коллекторов твердооксидных топливных элементов в окислительной среде . . . 73

Экономика и финансы

С. П. Петров. Углеродный налог как инструмент стимулирования декарбонизации черной металлургии России: оценка минимальной отраслевой ставки 78

К 80-летию Победы в Великой Отечественной войне

К. А. Галан. Освобождение Южного берега Крыма от немецкой оккупации в 1944 г. 84

Хроника

Коллеги — о плодотворном сотрудничестве с журналом «Черные металлы» 52

Металлургическая отрасль как драйвер технологического развития российской промышленности (информационный отчет) 90

Реинжиниринг четырехвалковой дробилки для измельчения кокса с целью повышения ее надежности и производительности

В. С. Жабин, студент кафедры металлургических технологий и оборудования¹, эл. почта: wiktorryus22@gmail.com
А. В. Нефедов, зам. директора филиала по учебно-методической работе, заведующий кафедрой металлургических технологий и оборудования¹, доцент, канд. пед. наук, эл. почта: cosnovotr@rambler.ru
Н. А. Чичнев, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования², докт. техн. наук, эл. почта: chich38@mail.ru
И. И. Басыров, старший преподаватель кафедры инжиниринга технологического оборудования², эл. почта: basirovlnur@mail.ru

¹Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», Новотроицк, Россия.

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия.

В состав агломерационного производства АО «Уральская Сталь» входят участки шихтоподготовки и агломерации. Сырьем для производства агломерата является шихта, которую подготавливают на участке шихтоподготовки с применением четырехвалковой дробилки для измельчения кокса. При использовании действующего оборудования в агломерационном цехе существенным недостатком является частый выход из строя его отдельных узлов, обусловленный длительным сроком эксплуатации. В результате этого возникают простои дробильной машины, как правило, по причине низкой надежности действующего электропривода. С целью сокращения длительности ремонтов оборудования, возникающих прежде всего из-за износа устаревшего оборудования, предложена модернизация четырехвалковой дробилки, которая заключается в замене существующего многоэлементного привода (электродвигателя, муфты и редуктора) на соосный мотор-редуктор, что является целесообразным решением для механизмов, работающих в продолжительном режиме. Дополнительные капитальные затраты, необходимые для модернизации привода четырехвалковой дробилки, включают приобретение и монтаж моторов-редукторов, зубчатых муфт и изготовление рам под моторы-редукторы. Суммарные капитальные затраты на покупку оборудования, запасные части, логистику и стоимость демонтажа старого оборудования и монтажа нового оборудования не превысили 4,5 млн руб. В результате данной модернизации себестоимость продукции снизилась на 0,13 %; прибыль от реализации продукции увеличилась на 0,42 %; срок окупаемости мероприятия — менее 6 мес. Проект является эффективным, быстро окупаемым и может быть рекомендован к внедрению не только на АО «Уральская Сталь», но и на других металлургических предприятиях отрасли.

Ключевые слова: агломерационное производство, четырехвалковая дробилка, электромеханический привод, мотор-редуктор.

DOI: 10.17580/chm.2025.05.02

Введение

В настоящее время на металлургических предприятиях большое внимание уделяют усовершенствованию существующего оборудования, введению новых передовых технологий, полной автоматизации управления металлургическими процессами с использованием высокопроизводительных компьютерных систем, совершенствованию организации труда и повышению квалификации работающего персонала [1–6]. При этом в значительной мере сосредоточены на выявлении «узких мест» в работе основного технологического оборудования и накоплению данных для разработки организационных и технических мероприятий по снижению внеплановых простоев оборудования [7–10]. Повышение надежности оборудования решают путем модернизации или замены устаревшего оборудования [11–16].

В структуру АО «Уральская Сталь» входят коксохимическое, агломерационное, доменное, электросталеплавильное и листопрокатное производства [17]. В агломерационном производстве АО «Уральская Сталь» на участке шихтоподготовки используют четырехвалковые дробилки, которые широко применяют не только в металлургии, но и при переработке

полезных ископаемых, отходов строительных материалов, огнеупоров и др.

Целью данной работы является рассмотрение вопросов реинжиниринга привода четырехвалковой дробилки для измельчения кокса с целью повышения производительности и снижения эксплуатационных затрат.

Постановка задачи

Для измельчения кокса практически на всех существующих агломерационных производствах используют четырехвалковые дробилки, которые состоят из верхней и нижней пары валков, устанавливаемых в корпусе дробилки, и двух приводов. Верхний неприводной и нижний неприводные валки имеют пружинную амортизацию и отходят от неподвижных валков, пропуская недробимые предметы. Дробилка оборудована специальными механизмами для обтачивания бандажей (по одному на каждую пару валков). Материал, подлежащий дроблению, загружается в бункер и далее ленточным питателем-дозатором подается непосредственно на верхнюю пару валков.

Основные технические характеристики четырехвалковой дробилки Д4Г900х700 ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ» приведены ниже.

Технические характеристики четырехвалковой дробилки Д4Г900х700

Параметр	Значение
Размеры валков, мм	
– диаметр	900
– длина	700
Наибольший размер загружаемого материала, мм	40
Пределы регулирования щели, мм:	
– верхние валки	10–40
– нижние валки	2–10
Частота вращения, мин ⁻¹ :	
– верхние валки	120
– нижние валки	187
Привод валков:	
– электродвигатели	4А200L4У3
– мощность, кВт	45
– частота вращения, мин ⁻¹	1500
– редуктор привода верхних валков	Ц2-400-12,5-12У2
– передаточное число	12,5
– редуктор привода нижних валков	Ц2-400-8-12У2
– передаточное число	8

Опыт эксплуатации показал, что при использовании действующего оборудования существенным недостатком в работе четырехвалковой дробилки является частый выход из строя отдельных узлов, обусловленный длительным сроком службы. В результате этого возникают простои устройства, как правило, по причине низкой надежности действующего электропривода, на ремонт которого уходит в среднем 24 ч/год. Из-за частого выхода из строя (1–2 раза в месяц) привлекают дополнительные трудовые и финансовые ресурсы, что приводит к снижению эффективности агломерационного производства в целом.

Схема расположения приводов верхнего левого и нижнего правого валков до реинжиниринга приведена на **рис. 1**. Каждый привод состоит из электродвигателя типа 4А200L4У3, упругопальцевой муфты, соединяющей выходной вал электродвигателя с быстроходным валом редуктора, двухступенчатого цилиндрического редуктора и зубчатой муфты для передачи крутящего момента от выходного вала редуктора к соответствующему приводному валу четырехвалковой дробилки.

В связи с тем, что электродвигатель устаревшей серии 4А в настоящее время снят с производства, предложено провести реинжиниринг привода четырехвалковой дробилки путем замены существующего привода на современный мотор-редуктор, который содержит меньшее число элементов, что повышает его надежность. Ввиду этого существенно сократится продолжительность проведения технического обслуживания и повысится производительность процесса измельчения.

Результаты проведенной модернизации и их обсуждение

С целью сокращения длительности ремонта оборудования, возникающего прежде всего из-за его износа, предложен

реинжиниринг привода четырехвалковой дробилки путем замены существующего многоэлементного привода (электродвигателя, муфт и редуктора) на соосный мотор-редуктор. Это является целесообразным решением для механизмов, работающих в продолжительном режиме.

С учетом данных технической характеристики дробилки Д4Г900х700 выбираем соосные цилиндрические мотор-редукторы типа RC147 [18, 19].

Технические характеристики мотор-редукторов привода валков четырехвалковой дробилки Д4Г900х700 после реинжиниринга

Параметр	Значение
Мотор-редуктор привода верхних валков	
– тип	RC147-7,74-189-55 M1
– мощность, кВт	55
– частота вращения выходного вала, мин ⁻¹	123
– крутящий момент на выходном валу, Н·м	4085
– диаметр выходного вала, мм	100
Мотор-редуктор привода нижних валков	
– тип	RC147-11,83-123-55 M1
– мощность, кВт	55
– частота вращения выходного вала, мин ⁻¹	189
– крутящий момент на выходном валу, Н·м	2673
– диаметр выходного вала, мм	100

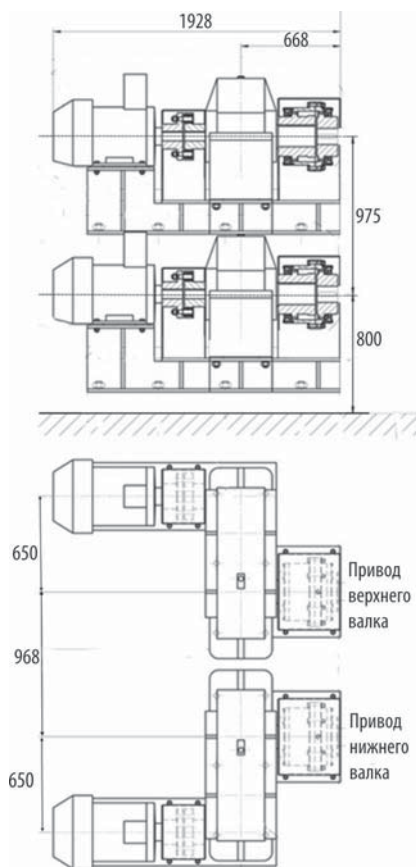


Рис. 1. Расположение приводов верхнего левого и нижнего правого валков четырехвалковой дробилки до реинжиниринга

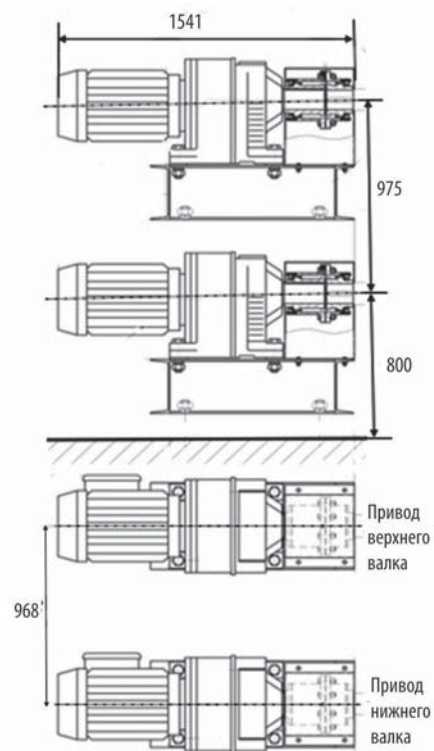


Рис. 2. Расположение приводов верхнего левого и нижнего правого валков четырехвалковой дробилки после реинжиниринга

Схема расположения приводов верхнего левого и нижнего правого валков после реинжиниринга приведена на **рис. 2**. Полученное значение частот вращения нижних и верхних валков не превышает 2,5 % от заданных значений.

Согласно ГОСТ Р 50895–96 [20], зубчатую муфту выбирают по наибольшему диаметру концов соединяемых валов и затем проверяют прочность муфты. С целью унификации по диаметру выходного вала мотор-редуктора $d_{\text{вых}} = 100$ мм выбираем для обоих приводов зубчатую муфту типа 1 с номинальным крутящим моментом $T_{\text{кр}} = 10000$ кН·м, диаметром посадочных отверстий 100 мм, с втулками исполнения 1, климатического исполнения У, категории 2 «Муфта 1-10000-100-1У2 ГОСТ Р 50895–96». Наибольший на соединяемых валах крутящий момент, создаваемый мотор-редуктором привода верхних валков, равен $T_{\text{раб}} = 4085$ Н·м, что обеспечивает прочность муфты.

При реинжиниринге привода четырехвалковой дробилки предложена замена существующего привода на современный мотор-редуктор, который отличается повышенной надежностью, ввиду чего его применение позволяет сократить продолжительность технического обслуживания и ремонта, а также повысить производительность процесса измельчения. В результате проведения технико-экономических расчетов установлено, что производительность увеличилась примерно на 4 % за счет снижения эксплуатационных расходов, себестоимость продукции снизилась на 0,13 %, прибыль от реализации продукции выросла на 4,22 %. Дополнительные капитальные затраты, необходимые для реинжиниринга

привода черехвалковой дробилки, включают приобретение и монтаж мотор-редукторов, зубчатых муфт и изготовление рам под мотор-редукторы. Суммарные капитальные затраты на покупку оборудования, запасные части, логистику и стоимость демонтажа старого оборудования и монтажа нового оборудования не превышает 4,5 млн руб., а срок окупаемости настоящего мероприятия — менее 6 мес.

Заключение

В результате реинжиниринга привода четырехвалковой дробилки упростили его конструкцию и уменьшили трудоемкость технического обслуживания и ремонта. Замена старого привода, включающего электродвигатель и редуктор, на новый привод, который состоит из мотор-редуктора и зубчатой муфты, позволила увеличить межремонтный период эксплуатации и тем самым снизить эксплуатационные расходы. Расчеты показали, что реализация проектных решений приводит к снижению себестоимости 1 т переработанного кокса на 0,13 %, и прибыли от реализации продукции на 4,22 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 4,5 млн руб. и окупаются менее чем за 6 мес. ЧМ

Библиографический список

1. Ефремов Д. Б., Степанов В. М., Чиченева О. Н. Модернизация механизма быстрого отжима валков прокатной клетки ДУО стана 2800 АО «Уральская Сталь» // *Сталь*. 2020. № 8. С. 44–47.
2. Жильцов А. П., Мележик Р. С., Власенко Д. А., Харитоненко А. А., Бочаров А. В. Обоснование параметров и промышленное освоение упругой пальцевой муфты с эластичным элементом дискового типа в приводе четырехвалковой дробилки // *Известия вузов. Машиностроение*. 2022. № 12. С. 3–13.
3. Pozhidaev Ya. A., Kadoshnikov V. L. Damping-system design on the basis of electrochemical modules // *Russian Engineering Research*. 2012. Vol. 32, Iss. 5-6. P. 478–481.
4. Неведов А. В., Танчук А. В., Чиченев Н. А. Модернизация привода опрокидывателя рудных вагонеток Донского ГОК АО «ТНК Казхром» // *Горный журнал*. 2022. № 8. С. 52–56.
5. Bardovskiy A. D., Gorbatyuk S. M., Keropyan A. M., Bibikov P. Ya. Assessing parameters of the accelerator disk of a centrifugal mill taking into account features of particle motion on the disk surface // *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39, Iss. 4. P. 326–329.
6. Bazhin V. Yu., Glazev M. V. Refractory materials of metallurgical furnaces with the addition of silicon production waste // *Non-ferrous Metals*. 2022. № 1. P. 32–39.
7. Yurshv V. I., Boyko S. V., Kirilenko A. S., Yurshv I. V. Optimization of VK10-NOM cemented carbide mixture pressing modes // *Non-ferrous Metals*. 2023. № 2. P. 57–65.
8. Горбатюк С. М., Морозова И. Г., Наумова М. Г. Разработка рабочей модели процесса реиндустриализации производства термической обработки штамповых сталей // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2017. Т. 60. № 5. С. 410–415.
9. Бардовский А. Д., Герасимова А. А. Анализ приводного механизма пилы с попеременным в обе стороны движением гибкого режущего органа // *ГИАБ*. 2019. № 7. С. 132–139. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-132-139.
10. Zinyagin A. G. Use of machine learning methods for determination of the boundary conditions coefficients in a FEM task for the case of accelerated cooling of hot-rolled sheet metal // *CIS Iron and Steel Review*. 2023. Vol. 25. P. 58–66.
11. Мележик Р. С., Власенко Д. А. Анализ динамики и усовершенствование конструкции привода четырехвалковой дробилки // *Известия вузов. Машиностроение*. 2023. № 12. С. 28–37.
12. Nefedov A. V., Svichkar V. V., Chicheneva O. N. Re-engineering of equipment to feed the melting furnace with aluminum charge // *Lecture Notes*

- in Mechanical Engineering. 2021. P. 1198–1204. DOI: 10.1007/978-3-030-54817-9_139.
13. Bardovskiy A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I. Study of oscillating process of harp screens // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2019. P. 133–139.
 14. Власенко Д. А. Обоснование конструктивных параметров и перспектив использования рифленых валков в четырехвалковых дробилках // Вестник ДонНТУ. 2020. № 1. С. 15–22.
 15. Махкамбаев С. Б., Чиченев Н. А. Разработка гидравлического привода зажима рамного фильер-пресса кадмиевого цеха АО АГМК // Горный журнал. 2021. № 8. С. 48–51.
 16. Albagachiev A. Y., Keropyan A. M., Gerasimova A. A., Kobelev O. A. Determination of rational friction temperature in lengthwise rolling // CIS Iron and Steel Review. 2020. Vol. 19. P. 33–36.
 17. АО «Уральская Сталь». Продуктивный агломерационный цех. — URL: <https://uralsteel.com/about/production/> (дата обращения: 07.07.2024).
 18. SEW-EURODRIVE. Техническое описание соосных цилиндрических мотор-редукторов серии R.DR/DT/DV. — URL: <https://sew-eurodrive.nt-rt.ru/images/manuals/soosmr.pdf?ysclid=lx04rf8koo881283223> (дата обращения: 07.07.2024).
 19. Цилиндрические плоские мотор-редукторы серии F. — URL: <https://spb-reduktor.artesk.ru/F.html> (дата обращения: 07.07.2024).
 20. ГОСТ Р 50895–96. Муфты зубчатые. Технические условия. — Введ. 01.07.1997.

“Chernye metally”, 2025, No. 5, pp. 13–16
DOI: 10.17580/chm.2025.05.02

Reengineering of a four-roll crusher for coke grinding in order to increase its reliability and productivity

Information about authors

V. S. Zhabin, Student, Dept. of Metallurgical Technologies and Equipment¹,
e-mail: wiktorus22@gmail.com;

A. V. Nefedov, Cand. Ped., Associate Prof., Deputy Director of the Branch for Educational and Methodological Work, Head of the Dept. of Metallurgical Technologies and Equipment¹,
e-mail: cosnovotr@rambler.ru;

N. A. Chichenev, Dr. Eng., Prof., Dept. of Engineering of Technological Equipment²,
e-mail: chich38@mail.ru;

I. I. Basyrov, Senior Lecturer, Dept. of Engineering of Technological Equipment²,
e-mail: basirolv@mail.ru

¹ Novotroitsk branch of the National University of Science and Technology “MISIS”, Novotroitsk, Russia.

² National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia.

Abstract: The agglomeration production of Ural Steel JSC includes a charge preparation site and an agglomeration site. The raw material for the production of agglomerate is the charge, which is prepared at the charge preparation site using a four-roll crusher for crushing coke. When using existing equipment in an agglomeration shop, a significant disadvantage in its operation is the frequent failure of individual components due to a long service life and a long service life. As a result, device downtime occurs, as a rule, due to the low reliability of the current electric drive. In order to reduce the time of equipment repairs, which arise primarily due to the wear of outdated equipment, it is proposed to modernize the four-roll crusher, which consists in replacing the existing multi-element drive (electric motor, clutch and gearbox) with a coaxial gear motor, which is an appropriate solution for mechanisms operating in a repeated short-term mode. Additional capital expenditures required to modernize the drive of the crushers include the purchase and installation of gear motors, gear couplings and the manufacture of frames for gear motors. The total capital costs for the purchase of equipment, spare parts, logistics and the cost of dismantling old equipment and installing new equipment do not exceed 4.5 million rubles. As a result of this modernization: the cost of production decreased by 0.13 %; profit from sales increased by 0.42 %; the payback period of this event is less than 6 months. The project is efficient, pays off quickly and can be recommended for implementation not only at Ural Steel JSC, but also at other metallurgical enterprises in the industry.

Key words: agglomeration production; four-roll crusher; electromechanical drive, gear motor.

References

1. Efremov D. B., Stepanov V. M., Chicheneva O. N. Modernization of the mechanism for quick returning of rolls of the rolling stand DUO of the 2800 mill of JSC Ural Steel. *Stal*. 2020. No. 8. pp. 44–47.
2. Zhiltsov A. P., Melezhih R. S., Vlasenko D. A., Kharitonenko A. A., Bocharov A. V. Validation of parameters and industrial mastering of an elastic finger coupling with an disk-type elastic

element in the four-roll crusher’s drive. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*. 2022. No. 12. pp. 3–13.

3. Pozhidaev Ya. A., Kadoshnikov V. L. Damping-system design on the basis of electrochemical modules. *Russian Engineering research*. 2012. Vol. 32, Iss. 5–6. pp. 478–481.
4. Nefedov A. V., Tanchuk A. V., Chichenev N. A. Modernization of car tipper drive at Donskoy Ore Mining and Processing Plant. *Gornyy Zhurnal*. 2022. No. 8. pp. 52–56.
5. Bardovskiy A. D., Gorbatyuk S. M., Keropyan A. M., Bibikov P. Ya. Assessing parameters of the accelerator disk of a centrifugal mill taking into account features of particle motion on the disk surface. *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39, Iss. 4. pp. 326–329.
6. Bazhin V. Yu., Glazev M. V. Refractory materials of metallurgical furnaces with the addition of silicon production waste. *Non-ferrous Metals*. 2022. No. 1. pp. 32–39.
7. Yurshv V. I., Boyko S. V., Kirilenko A. S., Yurshv I. V. Optimization of VK10–HOM cemented carbide mixture pressing modes. *Non-ferrous Metals*. 2023. No. 2. pp. 57–65.
8. Gorbatyuk S. M., Morozova I. G., Naumova M. G. Development of a working model of reindustrialization process of heat treatment of stamp steels. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*. 2017. Vol. 60. No. 5. pp. 410–415.
9. Bardovskiy A. D., Gerasimova A. A. Analysis of the drive mechanism of a saw with alternating movement of a flexible cutting element in both directions. *MiAB*. 2019. No. 7. pp. 132–139. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-132-139.
10. Zinyagin A. G. Use of machine learning methods for determination of the boundary conditions coefficients in a FEM task for the case of accelerated cooling of hot-rolled sheet metal. *CIS Iron and Steel Review*. 2023. Vol. 25. pp. 58–66.
11. Melezhih R. S., Vlasenko D. A. Analysis of dynamics and improvement of the design of the four-roll crusher’s drive. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*. 2023. No. 12. pp. 28–37.
12. Nefedov A. V., Svichkar V. V., Chicheneva O. N. Re-engineering of equipment to feed the melting furnace with aluminum charge. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2021. pp. 1198–1204. DOI: 10.1007/978-3-030-54817-9_139.
13. Bardovskiy A. D., Gerasimova A. A., Basyrov I. I. Study of oscillating process of harp screens. *Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2019. pp. 133–139.
14. Vlasenko D. A. Validation of design parameters and prospects for using corrugated rolls in four-roll crushers. *Vestnik DonNTU*. 2020. No. 1. pp. 15–22.
15. Makhkambaev S. B., Chichenev N. A. Hydraulic clamp drive of frame filter press for AGMK cadmium workshop, Uzbekistan. *Gornyy Zhurnal*. 2021. No. 8. pp. 48–51.
16. Albagachiev A. Y., Keropyan A. M., Gerasimova A. A., Kobelev O. A. Determination of rational friction temperature in lengthwise rolling. *CIS Iron and Steel Review*. 2020. Vol. 19. pp. 33–36.
17. JSC Ural Steel. Productive agglomeration shop. Available at: <https://uralsteel.com/about/production/> (accessed: 07.07.2024).
18. SEW-EURODRIVE. Technical description of coaxial cylindrical gear motors of the R.DR/DT/DV series. Available at: <https://sew-eurodrive.nt-rt.ru/images/manuals/soosmr.pdf?ysclid=lx04rf8koo881283223> (accessed: 07.07.2024).
19. F series cylindrical flat geared motors. Available at: <https://spb-reduktor.artesk.ru/F.html> (accessed: 07.07.2024).
20. GOST R 50895–96. Toothed clutches. Specifications. Introduced: 01.07.1997.