

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
*«Металлургия – 2022»***

***Труды
XXIII Международной научно-практической конференции***

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2022**

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор С.В. Коновалов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., доцент Д.А. Чинахов,
к.т.н. Р.А. Шевченко, к.т.н., доцент О.А. Полях,
к.т.н. Е.Н. Темлянцева, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 **Металлургия : технологии, инновации, качество : труды**
XXIII Международной научно-практической конференции.
В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр.
ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и практики металлургических процессов, технологий обработки материалов, автоматизации, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов металлургического производства.

Конференция проводится ежегодно.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

АДМИНИСТРАЦИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА КУЗБАССА

ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

АО «РУСАЛ-НОВОКУЗНЕЦК»

АО «КУЗНЕЦКИЕ ФЕРРОСПЛАВЫ»

АО «НЗРМК им. Н.Е. КРЮКОВА»

ЛЯОНИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ, Г. АНЫШАНЬ, КНР

ОАО «ЧЕРМЕТИНФОРМАЦИЯ»

ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ»

ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК СИБГИУ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

Смолюкин, В.Н. Буйнов – Символ науки: международный научный журнал. 2016. № 4-3 (16). С. 124-127.

3. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения

4. Экспертно-аналитический доклад "Цифровые двойники в высоко-технологичной промышленности" -М.: Технет,2019. – С.43-46

5. Грачев В.В., Мышляев Л.П., Венгер М.К., Пургина М.В., Коровин Д.Е., Кулюшин Г.А. Применение технологий Industry 4.0 при создании автоматизированных промышленных комплексов // Сборник научных трудов НГТУ. –: НГТУ, 2021. – С. 7–20.

6. Грачев В.В., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Свинцов М.М., Коровин Д.Е. Использование цифровых двойников при обучении оперативно-диспетчерского персонала автоматизированных промышленных комплексов // Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы современного образования: практика вуза и школы». Часть 2». –: Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2021.

7. Коровин Д.Е. Цифровой двойник: понятие и перспективы использования в угольной отрасли. / Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Иванов Д.В., Кулюшин Г.А., Загидулин И.Р., Свинцов М.М., Макаров Г.В. // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2021. – №7. – С. 227 – 231.

УДК621.3.078

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНТОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД"

Клевцов С.А., Модзелевский Д.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, klevtsov1999@mail.ru, dima010@mail.ru*

Аннотация: Рассматриваются основные проблемы эксплуатации угольных вагоноопрокидывателей. Представлена кинематическая схема угольного вагоноопрокидывателя роторного типа. Произведен анализ отказов и неисправностей электропривода кантования. Рассчитаны статические и динамические моменты на валу электродвигателя, построена тахограмма цикла работы вагоноопрокидывателя. Выбрана система управления электроприводом.

Ключевые слова: угольный вагоноопрокидыватель, двухдвигательный привод, преобразователь частоты, тахограмма, статические моменты, динамические моменты, электропривод.

MODERNIZATION OF THE RELAY-CONTACTOR CONTROL

SYSTEM OF THE ELECTRIC ROTATION DRIVE OF THE WAGON TIPPLER TO THE CONTROL SYSTEM "PCH-AD"

Klevtsov S.A., Modzelevsky D.E.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, klevtsov1999@mail.ru , dima010@mail.ru*

Abstract. *The main problems of operation of coal wagon tippler are considered, the kinematic scheme of a rotary type coal wagon tippler is presented. The analysis of failures and malfunctions of the electric tilting drive was carried out. Static and dynamic moments on the shaft of the electric motor are calculated, a tachogram of the cycle of operation of the wagon tippler is constructed.*

Keywords: *coal wagon tippler, twin-motor drive, frequency converter, tachogram, static moments, dynamic moments, electric drive.*

Погрузочно–разгрузочный транспортный комплекс современного аглодоменного производства представляет собой ряд технико - производственных средств, обеспечивающих перевозку, транспортировку и отгрузку рудного сыпучего сырья. Внутрицеховая транспортировка реализуется путем железнодорожных перевозок широкой колеи. К таким относятся вагоны магистрального типа (полувагоны – гондолы, полувагоны – хопперы, платформы, крытые вагоны) и специальные вагоны (хопперы для транспортировки окатышей, думпкары для производственных отходов, большегрузные платформы, шлаковозы и т.д.). Для всех видов работ связанных с перевозкой на прирельсовых сырьевых складах используют стреловые передвижные железнодорожные краны. Для наиболее быстрого перемещения сырья в качестве межцехового транспорта применяются ленточные, пластинчатые, скребковые, подвесные конвейеры [1].

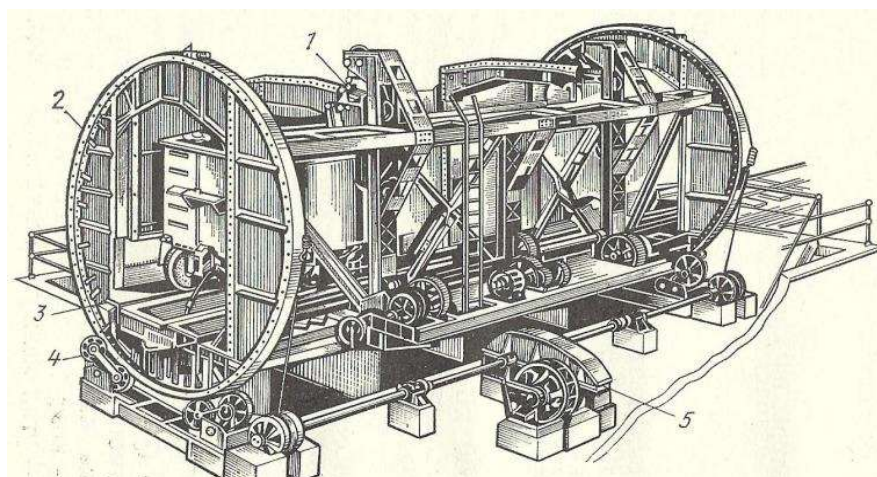
Угольный вагоноопрокидыватель служит важнейшим звеном в погрузочно-разгрузочной системе аглодоменного предприятия. Опрокидыватели применяются с целью разгрузки рудного сырья из полувагонов путем опрокидывания [2].

В данной работе будет рассмотрен угольный вагоноопрокидыватель роторного типа ВРС 93-110М.

На рассматриваемом вагоноопрокидывателе используется нерегулируемый асинхронный привод, построенный на релейно–контакторной системе управления. Основным привод воздействующий на рабочее колесо (ротор) представляет собой два равнозначных асинхронных двигателя с короткозамкнутым ротором, располагаемой мощностью 60 кВт каждый.

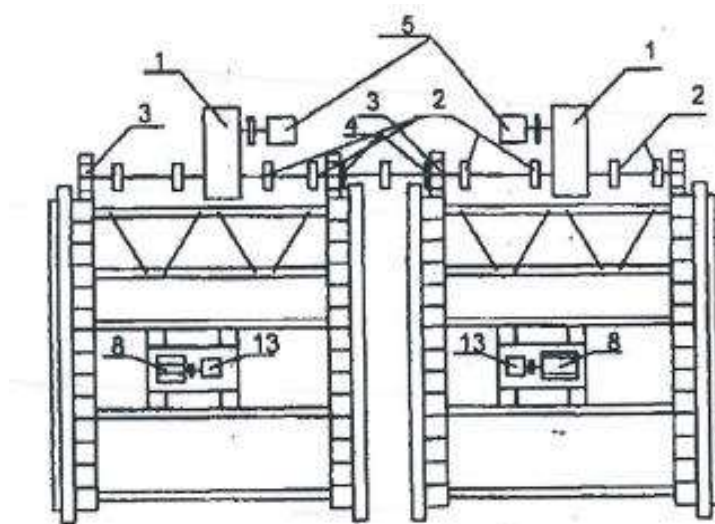
По техническому паспорту данный тип опрокидывателей способны совершать до 25 количество циклов полувагонов/час. Следовательно, за сутки опрокидыватель способен разгрузить 540-600 полувагонов.

Угольный вагоноопрокидыватель роторного типа изображен на рисунке 1, обобщенная кинематическая схема изображена на рисунке 2.



1 – механизм зажима вагонов; 2 – металлическая рама (ротор); 3 – подвижный толкатель; 4 – опорные балансирующие катки; 5 – канатный привод

Рисунок 1 - Угольный вагоноопрокидыватель роторного типа ВРС 93-110М



1 – редуктор; 2 – зубчатые муфты; 3 – открытая зубчатая пара; 4 – подшипник качения; 5 – электродвигатель привода; 8 – подшипник вибратора; 13 – электродвигатель вибратора

Рисунок 2 - Общая кинематическая схема роторного вагоноопрокидывателя ВРС 93-110М

На сегодняшний день важным вопросом применения вагоноопрокидывателей служит ресурс применяемых приводов. Ресурс производительности приводов определен процессом эксплуатации в производстве. Привода функционируют в повторно – кратковременном режиме работы с большой периодичностью включения и большими моментами инерции. Тяжелые условия работы электропривода обусловлены частыми прямыми пусками, высокой интенсивностью работы приводят к поломкам, выводам электроприводов из строя [3].

Проведем анализ отказов и неисправностей электроприводов кантования предоставленных участком угольного вагоноопрокидывателя АО «ЕВРАЗ ЗСМК» в виде гистограммы.

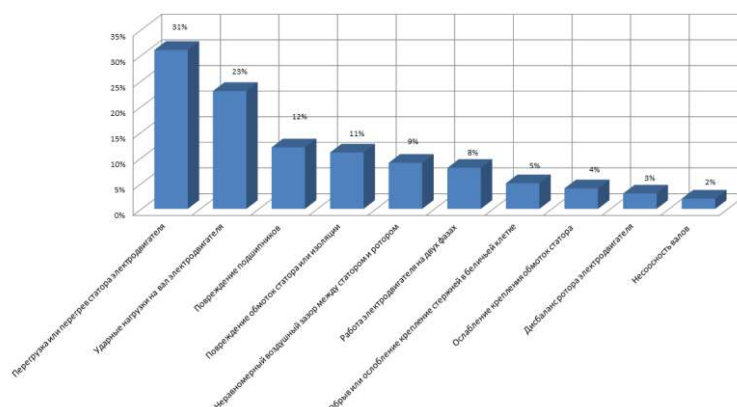


Рисунок 3 - Гистограмма отказов и неисправностей электропривода кантования угольного вагоноопрокидывателя «ЕВРАЗ ЗСМК» за 2022 г

Согласно гистограмме, наибольшее количество нагрузок приходится на статор, механическую часть (вал электродвигателей, подшипники). Следствием анализа данных гистограммы можно отнести производственные потери предприятия, утраты прибыли, большие расходы на восстановление.

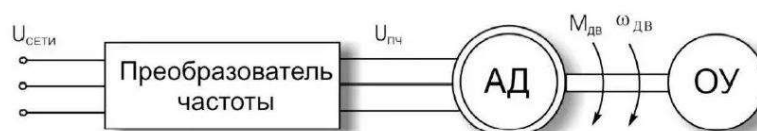
Правильным решением данного вопроса служит усовершенствование приводов вагоноопрокидывателей, без внедрения в его механическую часть.

Важной целью усовершенствования привода ротора опрокидывания является увеличение КПД, уменьшение динамических нагрузок, создании плавности пуска и останова, увеличении диапазона регулирования и соответственно надежность и долговечность.

Достижением поставленных целей модернизации являются следующие задачи:

- анализ возможных методов реализации системы управления;
- анализ возможных проблем модернизации системы управления, разработка путей решения;
- создание модели электромеханической части опрокидывателя;
- анализ и исследование возможности реализации системы управления различными методами достижения поставленных в данной работе задач;
- поиск верных алгоритмов управления;

Рациональным способом реализации вышеуказанных аспектов модернизации в данном случае является установка преобразователя частоты. Обобщенная функциональная схема подсоединения «ПЧ-АД» изображена на рисунке 4.



АД – асинхронный двигатель; ОУ – объект управления (ротор); $U_{\text{сети}}$ – входное напряжение; $M_{\text{дв}}$ – вращающий момент, развиваемый на валу электродвигателя; $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость вращения вала двигателя

Рисунок 4 - Общая функциональная схема подключения «ПЧ-АД»

Подробно рассмотрим статические и динамические моменты оказываемые на «кантователь» и привод.

Привод механизма кантования ротора обязан преодолеть статические моменты сопротивления вращению от веса ротора, полувагона, материала и от силы трения в роликовых опорах, а также динамические моменты вращающихся масс в периоды пуска и торможения двигателя.

Графическим или расчетным путем находят координаты центров тяжести вращающихся частей вагоноопрокидывателя: ротора, полувагона и материала относительно оси вращающегося ротора при различных углах его поворота с учетом перемещения и высыпания материала из полувагона при опрокидывании и возврате ротора в исходное положение.

Для деталей или узлов сложной формы, центры тяжести определяют по формулам:

$$x_{\text{чи}} = \frac{\sum G_i \cdot x_i}{\sum G_i}; \quad y_{\text{чи}} = \frac{\sum G_i \cdot y_i}{\sum G_i}, \quad (1)$$

где G_i – вес простейших фигур, на которые расчленены ротор и полувагон;

$x_{\text{чи}}$ и $y_{\text{чи}}$ – расстояние от их центра тяжести до выбранной оси.

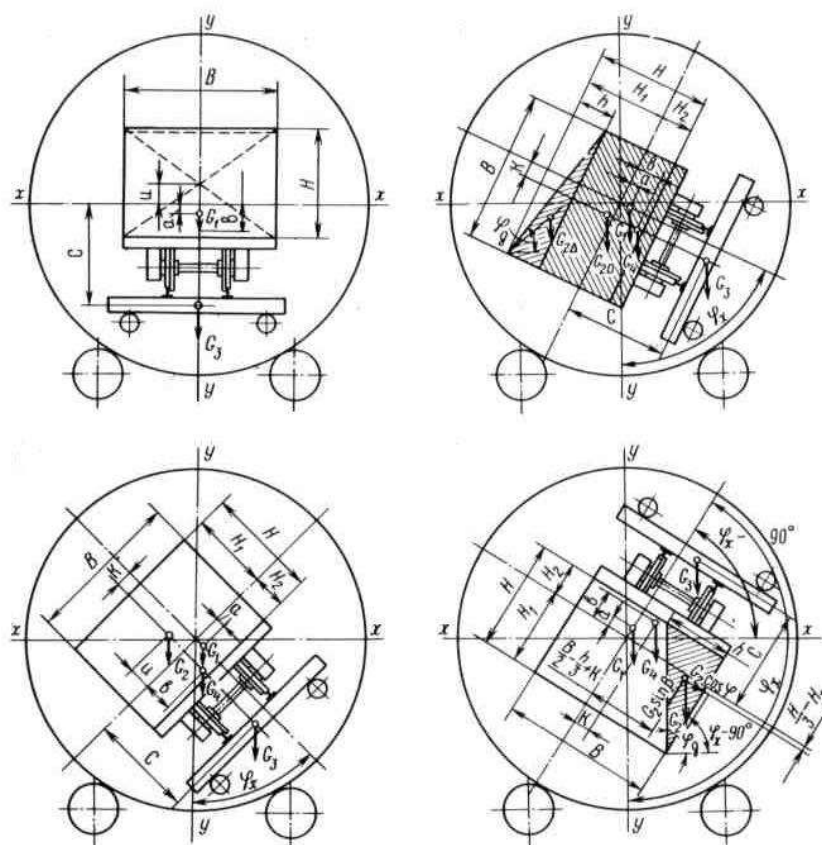


Рисунок 5 - Положение частей вагоноопрокидывателя, полувагона и материала при различных углах кантования

Зная положение центров тяжести всех частей вращающегося ротора, определяют его общий центр тяжести

Статический момент для принятых углов поворота при опрокидывании и возврате ротора:

$$M_{ст.і} = G_i \cdot x_{0i}, \quad (2)$$

где x_{0i} – плечо.

Моменты сил трения в роликовых опорах, как и в случае расчета статических моментов, эти моменты определяют для различных углов поворота ротора при его опрокидывании и возврате в исходное положение.

Общий момент сил трения, приведенный к оси ротора состоит из моментов сил трения в подшипниках опорных роликов $M_{тр1}$ и сил трения качения бандажей ротора по опорным роликам $M_{тр2}$.

$$M_{три} = N_{pi} \cdot \frac{R_6}{r_p} \cdot z \cdot (r_{ц} \cdot f_{пр} + k), \quad (3)$$

где N_{pi} – реакция ролика (кН);

$r_{ц}$ – радиус цапфы;

$f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения подшипников качения опорных роликов;

z – число опорных роликов;

R_6 – радиус бандажа ротора;

r_p – радиус опорного ролика.

$$N_{pi} = \frac{\sum G_i}{(x \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta)}, \quad (4)$$

где α, β – углы, определяющие положение опорных балансиров и роликов.

Суммарные статические моменты, приведенные к валу двигателя:

$$M_{ст.пр.і} = \frac{M_{ст.і} + M_{тр.і}}{u \cdot \eta}, \quad (5)$$

где u – общее передаточное число привода;

η – к.п.д. привода.

При работе двигателя в генераторном режиме:

$$M_{ст.пр.і} = \frac{M_{ст.і} + M_{тр.і}}{u} \cdot \eta. \quad (6)$$

По полученных значениям $M_{ст.пр.і}$ строим график статических моментов на валу двигателя.

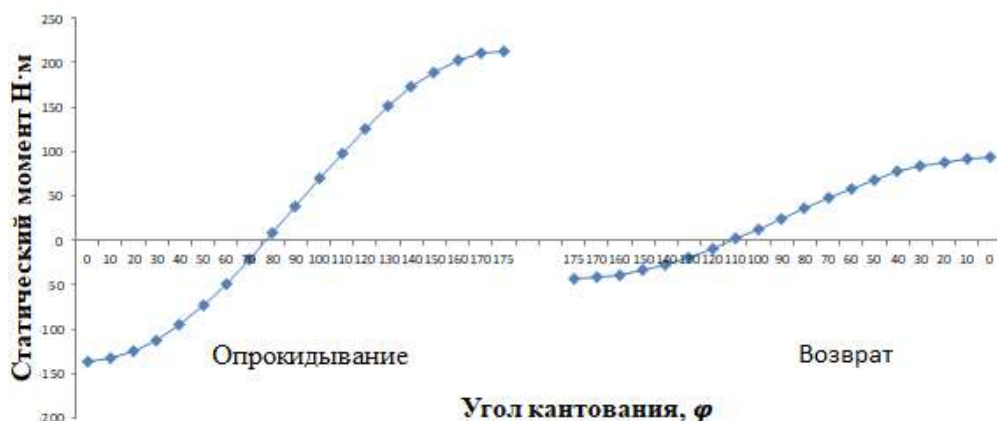


Рисунок 6 - График статических моментов на валу двигателя от угла кантования

Анализируя график статических моментов на валу электродвигателя можно отметить, что при опрокидывании момент статический гораздо больше, чем при возврате. Данный факт свидетельствует о загруженности приводов в зависимости от массы полувагона и груза.

Тахограмма работы вагоноопрокидывателя «ВРС 93-110М» изображена на рисунке 7.



Рисунок 7 - Тахограмма работы вагоноопрокидывателя

Время работы «кантователя» - вагоноопрокидывателя составляет 48,6 с. из которых 5 с. отводится на паузу, при котором угловая скорость равняется 0. Время всего цикла работы составляет 103,6 с.

Циклом является процесс постановки полувагона, опрокидывания, паузы перед возвратом в исходное положение, возврат полувагона, выталкивания и постановки нового полувагона.

Общий динамический момент, определяемый отдельно для периодов пуска и торможения, на валах двигателей (двух).

$$M_{\text{д}} = \frac{mD_{\text{пр}}^2 \cdot n}{38,3 \cdot t_{\text{п}}} + \frac{J_{\text{общ}} \cdot \varepsilon}{i \cdot \eta}, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (7)$$

где $mD_{\text{пр}}^2$ – приведенный к валу двигателя суммарный маховый момент вращающихся масс привода;

n – частота вращения вала двигателя;

$t_{\text{п}}$ – время пуска двигателя;

$J_{\text{общ}}$ – суммарный момент инерции отдельных вращающихся масс вагоноопрокидывателя (ротора с венцами и бандажами, платформы, люльки, порожнего полувагона и материала) относительно оси вращения ротора;

$$J_{\text{общ}} = \sum m_i \frac{D_i^2}{4} \text{ кг} \cdot \text{м}. \quad (8)$$

Моменты на валу двигателя для заданных углов поворота (кН·м):

$$M_{\text{дв}i} = M_{\text{ст.пр}i} + M_{\text{дин.п}(\tau)i}. \quad (9)$$

По полученным значениям $M_{\text{дв}i}$ строим нагрузочную диаграмму.

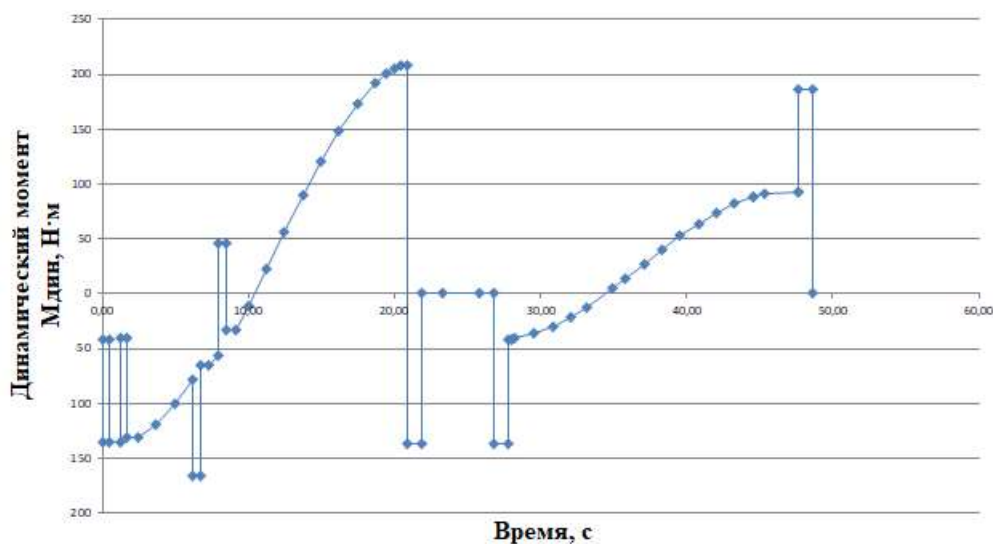


Рисунок 8 - График зависимости динамического момента электропривода от времени кантования

По графику следует отметить, что наброс динамического момента происходит в моменты разгона и торможения. Плечи усилий при кантовании непрерывно меняются, ток приведенный к валу электродвигателя, момент инерции от люльки, полувагона с материалом и противовесом являются функцией угла α .

Следовательно, динамические моменты от этих элементов действуют на протяжении всего цикла кантования люльки. Однако наиболее существенные величины динамических моментов возникают в периоды разгона и торможения привода. Одним из нагруженных узлов угольного вагоноопрокидывателя является его обод.

Результатом проделанного исследования является выбор электропривода с преобразователем частоты, полезного и менее энергозатратного по своим характеристикам для вагоноопрокидывателя который будет положен в основу построения системы управления.

По реальным параметрическим данным рассчитаны графики статических и динамических моментов реального электропривода, построена тахограмма работы электропривода, которая в первом приближении указывает на повторно-кратковременный режим работы электропривода.

Моделирование системы управления позволит в дальнейшем оптимизировать параметры и настроить электропривод на работу в определенных для него условиях.

Полученные данные позволяют выбрать наиболее экономичный электропривод. На практике применяют электрическое оборудование с огромным запасом по мощности, что приводит к недоиспользованию электродвигателя, а следовательно, к увеличению капитальных затрат и эксплуатационных расходов за счет снижения КПД и коэффициента мощности.

Библиографический список

1. Металлургические подъемно-транспортные машины: [Учеб. для металлург. спец. вузов] / В. А. Кружков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Метал-

лургия, 1989. - 462 с.

2. Механическое оборудование фабрик для окускования железорудного сырья [Текст] / Э.В. Ловчиновский. - Москва: Металлургия, 1977. - 255 с.

3. Эксплуатация и ремонт электрических машин: Учеб. Пособие для спец. «Электромеханика» вузов/ М.В. Антонов, Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец. – Москва: «Высшая школа» 1989. – 192 с.

4. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – Москва: «Энергоатомиздат», 1983. – 616с.

УДК 658.5

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ

Макаров Г.В.¹, Мышляев Л.П.², Чинахов Д.А.¹, Ивушкин К.А.³

¹*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, gmakarov@nicsu.ru*

²*ООО «Научно-исследовательский центр систем управления,
г. Новокузнецк, Россия*

³*ООО ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия*

***Аннотация.** В работе поднимаются вопросы рационального замещения интеллектуальных, программных и технических средств систем управления. Не всегда возможно найти прямой аналог какого-либо продукта при всем разнообразии производственных задач и имеющегося в мире ассортимента решений. Для систем управления наиболее важными стали поиски замены программного обеспечения для оперативно-диспетчерского управления и программируемых логических контроллеров. При этом вопросам замещения интеллектуальных средств систем управления внимания практически не уделяется.*

***Ключевые слова:** АСУ ТП, системы управления, автоматизация, импортозамещение*

SYSTEMIC ASPECTS OF SUBSTITUTION OF CONTROL INTELLIGENT TOOLS, SOFTWARE AND HARDWARE

Makarov G.V.¹, Myshlyaev L.P.², Chinakhov D.A.¹, Ivushkin K.A.¹

¹*"Siberian State Industrial University",
Novokuznetsk, Russia, gmakarov@nicsu.ru*

²*LLC "Research Center for Control Systems", Novokuznetsk, Russia*

²*LLC United Company "Sibshakhtostroy", Novokuznetsk, Russia*

***Abstract.** The paper raises the issues of rational replacement of intellectual, software and technical means of control systems. It is not always possible to find a*

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ	4
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛООТВОДА <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Полегешко С.А.</i>	4
ВИХРЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ В КАПЛЕ ПРИ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ <i>Сарычев В.Д., Чинахов Д.А., Грановский А.Ю., Устюжанин С.В., Сарычев Д.В., Коновалов С.В.</i>	12
ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ НАПЫЛЕНИЯ НА СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВОВ AL-5SI, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ АДДИТИВНОЙ ПЕЧАТИ МЕТОДОМ ДУГОВОЙ СВАРКИ <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С., Хуанг Л.</i>	18
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	22
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВОВ А5М, ВТ-1, С2 ПОДВЕРГНУТЫХ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Шляров В.В., Серебрякова А.А., Аксенова К.В., Загуляев Д.В., Устинов А.М.</i>	27
РАЗРАБОТКА НАПЛАВОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ SN-SB-CU ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ <i>Михеев Р.С., Калашников И.Е., Катин И.В., Быков П.А.</i>	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБШИРНОЙ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ, СФОРМИРОВАННОЙ НА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ В ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ <i>Шевчук Е.П., Плотников В.А., Макаров С.В.</i>	40
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Федоров В.В., Клименов В.А., Черепанов Р.О.</i>	49
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AL-CO-CR-Fe-MN-Ni С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОЙ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ <i>Осинцев К.А., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Панченко И.А., Воробьев С.В., Бессонов Д.А.</i>	56
КАВИТАЦИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ИНТРЕМЕТАЛЛИДНОГО ГАЗОДЕТОНАЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Ti-AL <i>Яковлев В.И., Собачкин А.В., Логинова М.В., Мясников А.Ю., Барсуков Р.В.</i>	61
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В УСЛОВИЯХ ДВУХСТРУЙНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 45 <i>Чинахов Д.А., Рзаев Э.Д.</i>	70
ОСОБЕННОСТИ СПЛАВЛЕНИЯ, СТРУКТУРО- И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ И ПРОВОЛОЧНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Клименов В.А., Федоров В.В., Черепанов Р.О., Хань Ц., Стрелкова И.Л.</i>	80
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ АДДИТИВНОМ ПРОВОЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	88
<i>Колубаев Е.А., Рубцов В.Е., Чумаевский А.В., Панфилов А.О., Зыкова А.П., Осипович К.С., Николаева А.В., Добровольский А.Р., Утяганова В.Р., Шамарин Н.Н., Никонов С.Ю.</i>	88

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ И РАДИУСА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ИНСТРУМЕНТА НА ОБРАЗОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И МИКРОСТРУКТУРУ ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЗОНЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ <i>Джигвишов В.Ф., Рзаев Э.Д.</i>	98
МИКРОСТРУКТУРА КЕРАМИКИ V_4C-CrV_2 , СИНТЕЗИРОВАННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА <i>Дик Д.В., Гудыма Т.С., Филиппов А.А., Крутский Ю.Л.</i>	107
ПОВЕРХНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ И СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА И ФД-УФС <i>Крюков Р.Е., Михно А.Р., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	114
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПОЛЗУЧЕСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО СВИНЦА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С ИНДУКЦИЕЙ 0,5 ТЛ <i>Серебрякова А.А., Загуляев Д.В., Шляров В.В.</i>	121
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕДИ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ С ОСНОВОЙ МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Будовских Е.А., Романов Д.А., Филяков А.Д., Бащенко Л.П., Ионина А.В.</i>	126
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА ПУТЕМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНО СОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОШОК ТИТАНА <i>Киселев П.В., Комаров А.А., Михно А.Р., Дробышев В.К.</i>	131
ОБ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ V_4C-MeV_2 ($Me = Ti, Cr, Zr$) <i>Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Дик Д.В., Шестаков А.А., Апарнев А.И., Логинов А.В.</i>	138
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ <i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М.², Гудыма Т.С.</i>	143
ПЕРСПЕКТИВЫ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ МЕТОДОМ ЭШН <i>Быстров В.А.</i>	149
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА AL7075 ПОСЛЕ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ <i>Дробышев В.К., Михно А.Р., Панченко И.А., Лабунский Д.Н.</i>	158
СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Mo–Au <i>Филяков А.Д., Романов Д.А., Соснин К.В., Московский С.В.</i>	162
ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОКАТА ИЗ ОТБРАКОВКИ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ <i>Уманский А.А., Симачев А.С., Думова Л.В.</i>	168

СЕКЦИЯ 4: РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОХРАНА ТРУДА.....	176
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ УГЛЕОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ <i>Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б., Куниц О.А.</i>	<i>176</i>
ПРОВЕРКА ЗНАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ РАБОТНИКА К БЕЗОПАСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Чернов К.В.</i>	<i>182</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>193</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ СМЕШИВАНИЮ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>203</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИЙ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО СТЕКЛОКОМПОЗИТА <i>Скирдин К.В., Казьмина О.В.</i>	<i>211</i>
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА <i>Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М.</i>	<i>219</i>
КЕДР КАК ОБЪЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>227</i>
АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Постельников В.Н., Ким В.И., Бондарев М.Р.</i>	<i>232</i>
СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОБИОМОНИТОРИНГА ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Лубенцева Ю.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>240</i>
ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ <i>Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.</i>	<i>247</i>
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>259</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.</i>	<i>265</i>
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>274</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕЙ <i>Мурко В.И., Карпенко В.И., Темлянцева Е.Н., Аникин А.Е.</i>	<i>279</i>
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ <i>Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В., Корнилов Д.А., Макшанов Д.В.</i>	<i>289</i>

РОЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.</i>	297
ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К АГЛОСИХТЕ <i>Урусов Д.Н., Михайличенко Т.А.</i>	306
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ЗА ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ ФИЛИАЛА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Големинов С.П., Михайличенко Т.А.</i>	314
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ <i>Павловец В.М.</i>	322
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШИХТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКАТЫШЕЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ДОБАВКИ <i>Павловец В.М.</i>	329
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Романова В.А., Дробышев В.К.</i>	338
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ВЗАИМОВОСТРЕБОВАННЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА СТАДИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Филиппов В.А.</i>	344
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	352
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ <i>Немчинова Н.В., Тузов А.В., Геройменко А.В., Анончук И.И.</i>	352
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЗАВИСИМЫМИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ <i>Свинцов М.М., Скударнова Н.В., Ивушкин К.А., Макаров Г.В., Мышляев Л.П.</i>	358
ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СО СТРУКТУРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТЬЮ <i>Загидулин И.Р., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Свинцов М.М.</i>	363
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Коровин Д.Е., Грачев В.В., Макаров Г.В., Кулюшин Г.А., Скударнова Н.В.</i>	369
МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНТОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД" <i>Клевцов С.А., Модзелевский Д.Е.</i>	376
СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ <i>Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Чинахов Д.А., Ивушкин К.А.</i>	384
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕННОЙ ПУСКОНАЛАДКИ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Кулюшин Г.А., Мышляев Л.П., Грачев В.В., Коровин Д.Е.</i>	391
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «АЛЮМИНИШНИК» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В МИКСЕРЕ ЛИТЕЙНОГО ОТДЕЛЕНИЯ <i>Мартусевич Е.А., Рыбенко И.А.</i>	400

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2022»

Труды XXIII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 16.11.2022 г.

Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,0 Уч.-изд. л. 26,4 Тираж 300 экз. Заказ № 296

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ