

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. АНЬШАНЬ, КНР

ОАО «ЧЕРМЕТИНФОРМАЦИЯ»

ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ»

ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК СИБГИУ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О.,
Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.

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

Аннотация. В статье дан обзор доступных технологий утилизации отработанных моторных масел, проведена оценка основных источников их получения, определен причиняемый экологический вред окружающей среде. Масштабность масляных отходов определяет актуальность их экологически безопасной технологии переработки, включающей в себя изучение примесей, которые оказывают значительное влияние на способы их утилизации. Завершается статья обзором наиболее востребованных на рынке технологических предложений утилизации отработанных моторных масел.

Ключевые слова: зеленая экономика, экология, утилизация отработанных моторных масел.

RENEWABLE ENERGY SOURCES: PROBLEMS AND PROSPECTS

Kornilov D.A., Vodoleev A.S., Gribkova E.O.,
Gibadullin R.M., Konakov S.V.

*Siberian state industrial university,
Novokuznetsk, Russia, kornilov_dan@mail.ru*

Abstract. The article provides an overview of the available technologies for the disposal of used motor oils, an assessment of the main sources of their production is carried out, the environmental damage caused to the environment is determined. The scale of oil waste determines the relevance of their environmentally safe recycling technology, which includes the study of impurities that have a significant impact on the methods of their disposal. The article concludes with an overview of the most popular technological proposals for the disposal of used motor oils on the market.

Keywords: green economy, ecology, recycling of used motor oils.

В настоящее время масла находят широкое и разнообразное применение при эксплуатации современной техники. Каждый год увеличиваются объемы потребления смазочных материалов и, как следствие, объемы отработанных масел.

Отработанные нефтепродукты токсичны, имеют невысокую степень биоразлагаемости (10-30%) и являются опасными отходами, которые подлежат обязательному сбору и утилизации, а в отдельных случаях – уничтоже-

нию. Однако законодательство в России по этому вопросу до сих пор отсутствует. 26-77 % всех отработанных масел нелегально сбрасывается на почву и в водоемы; 40-48 % - собирается, но из собранных отработанных масел только 14 – 15 % идет на очистку, а остальные 26-33 % используются как топливо или сжигаются.

На современном этапе развития российской промышленности важным и актуальным является вопрос получения вторичного сырья на основе отработанных масел, которое может служить основой для получения ценных нефтепродуктов при надлежащей переработке. Наиболее эффективным способом утилизации является регенерация отработанных масел с полным восстановлением их первоначальных свойств. Не менее важной задачей является вовлечение новых материалов для решения экологических и ресурсосберегающих проблем [1]. Потенциал переработки отработанных моторных масел составляет около 80 % по массе.

Законодатели считают, что экологическую безопасность отходов необходимо обеспечить, в первую очередь, их рациональным использованием. Такой же подход превалирует в большинстве стран мира и стимулируется законодательной базой. В соответствии с законом, отработанные масла внесены в Федеральный классификационный каталог отходов и подлежат паспортизации. На практике их относят к отходам 3-й группы опасности. Одним из основных поставщиков отработанных масел является автотранспорт.

Автотранспорт как основной «поставщик» отработанных моторных масел

Автомобильный парк, являющийся одним из основных источников загрязнения окружающей среды, сосредоточен, в основном, в городах. Если в среднем в мире на 1 км² территории приходится пять автомобилей, то плотность их в крупнейших городах развитых стран в 200-300 раз выше.

Во всех странах мира продолжается концентрация населения в крупных городских агломерациях. С развитием городов и ростом городских агломераций всё большую актуальность приобретает своевременное и качественное обслуживание населения, охрана окружающей среды от негативного воздействия городского, особенно автомобильного, транспорта. В настоящее время в мире насчитывается 520 млн. легковых, 80 млн. грузовых автомобилей и примерно 1 млн. городских автобусов [2].

Автомобили сжигают огромное количество ценных нефтепродуктов, нанося одновременно ощутимый вред окружающей среде, главным образом атмосфере. Поскольку основная масса автомобилей сконцентрирована в крупных и крупнейших городах, воздух этих городов не только обедняется кислородом, но и загрязняется вредными компонентами отработавших газов. Противоречия, из которых «соткан» автомобиль, пожалуй, ни в чём не выявляются так резко, как в деле защиты природы. С одной стороны, он облегчил человеку жизнь, с другой – отравляет её в самом прямом смысле слова. Специалисты установили, что один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 тонн кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг угарного газа, около 40 кг оксидов азота и почти 200

кг различных углеводородов. Структура выбросов от автотранспорта представлена на рисунке 1.

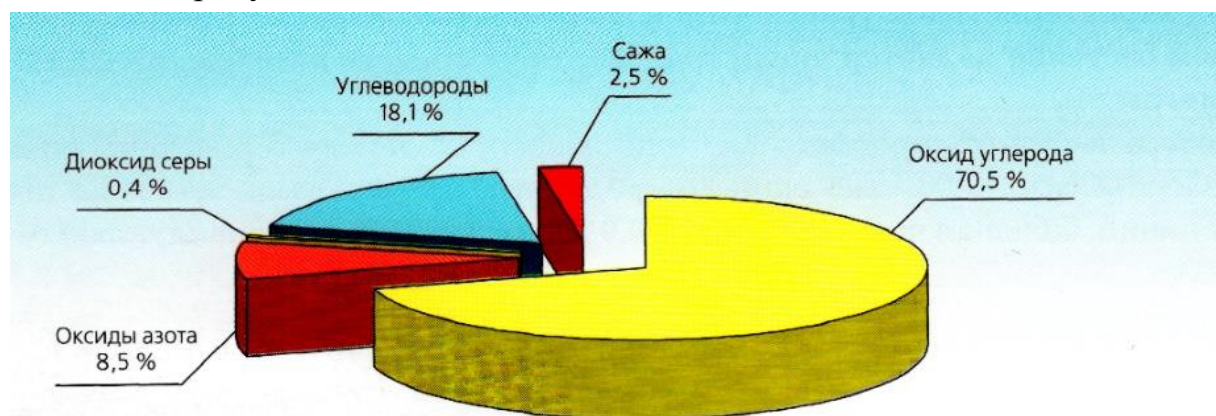


Рисунок 1 – Структура выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта

Если помножить эти цифры на 600 млн. единиц мирового парка автомобилей, можно представить себе степень угрозы, таящейся в чрезмерной автомобилизации. В таблице 1 приведены ПДК (предельно допустимые концентрации) некоторых вредных веществ. ПДК, разработанные и утвержденные законодательством нашей страны – это максимальный уровень содержания данного вещества, который человек может переносить без ущерба для здоровья (плюс 10-50 %, как «запас прочности»).

Таблица 1 – Токсичность вредных веществ (ПДК)

Загрязняющие вещества	ПДК в мг/м ³ максимальная, разовая	ПДК среднесу- точная	Класс ток- сичности
Угарный газ	3,0000	1,0000	4
Оксид азота	0,0850	0,0850	2
Свинец и его соедине- ния (кроме тетраэтил- свинца)	-	0,0007	1
Сажа (копоть)	0,1500	0,1500	3
Пыль нетоксичная	0,5000	0,1500	3
Сернистый газ	0,5000	0,1500	3

Автопарк России большой – на 01.01.2022 он насчитывал 50,6 млн. единиц, из них легковых – 42,4 млн. За последние 15 лет количество автомобилей в России выросло приблизительно в два раза и продолжает расти примерно на 1,5 - 2 млн. единиц в год. Значительная часть легковых автомобилей (до 95 %) оснащена бензиновыми двигателями, и только чуть больше 5 % – дизельными. Среди легковых автомобилей более 20 % - это внедорожники или кроссоверы. На долю дизельных автобусов приходится почти половина от их общего числа, а на долю дизельных грузовиков – две трети.

Средний возраст автомобилей высокий из-за большой доли старых ав-

томобилей: по данным Автостата, машин старше 10 лет более 54 % от общего парка, это более 27 млн. единиц. Новых машин (до 3 лет) менее 9 %, т.е. 3,75 млн. единиц. Современным экологическим стандартам Евро-4 и Евро-5 соответствует лишь каждая третья и восемнадцатая легковая машина или восьмая и двадцать восьмая грузовая. Источником самых больших объемов отработанных масел (ОМ) являются моторные. Объем и качество ОМ напрямую зависит от возраста автомобиля, в частности, масло загрязняется не полностью сгоревшими углеводородами и сажой, продуктами износа, а также быстрее и сильнее окисляется. В то же время собирать именно использованные масла из автомобилей – задача не из легких, так как нет законодательной, экономической и материальной базы.

Основная доля автотранспортных средств принадлежит физическим лицам, а потому трудно контролировать утилизацию большей части ОМ законными экологически безопасными методами. Эффективным сбор ОМ как от физических, так и от юридических лиц, может быть только в соответствии с законодательной базой в этой области. В последние годы потребление смазочных масел в России составляло 1,6 - 1,7 млн. тонн в год.

Часть потребляемых масел теряется в процессе эксплуатации, причем в первую очередь используемые в проточных системах смазки (к примеру, осевые или консервационные). Считается, что из половины потребляемого масла образуются отходы. А отдельные виды свежих масел можно собрать и переработать от 8 до 80%. В отдельных государствах собирают ОМ в объеме 45% от свежих. В первую очередь, это относится к Германии, Швеции, Норвегии и Финляндии, меньше сбор ОМ в Бельгии, Голландии и Франции. В России сбор и переработка ОМ лицензируется. Сбор ОМ интересен, прежде всего, тем, что снижает экологическую угрозу. Из-за отсутствия квалифицированной системы сбора ОМ большая часть их попадает в окружающую среду и оказывает на нее губительное воздействие. ОМ крайне медленно разлагаются, их экологическая опасность заключается в следующем?

Характеристика стандартных нефтяных и синтетических масел

По происхождению масла делятся на нефтяные, синтетические, частично синтетические и растительные. В России около 90% потребляемых масел являются нативными нефтяными. Нефтяные базовые масла, полученные по традиционным схемам производства и очистки, представляют собой сложные смеси углеводородов (его атомов в молекуле от 20 до 60), выкипающие при температуре от 300 °С. В сырьевых масляных фракциях и остатке содержатся углеводороды и различные соединения следующих типов:

1. Парафины нормального и с молекулярной массой от 250 до 600;
2. Нафтенны би-, три- и полициклические;
3. Полициклические ароматические (ПАУ) и нафтеноароматические углеводороды с тремя и более циклами и с короткими боковыми цепями.
4. Парафино-нафтенные с 1–4 одинаковыми или разными циклами сочлененного или конденсированного типа строения и радикалами разной длины и степени разветвленности;
5. Парафино-ароматические: моно-, би-, полициклические с радикала-

ми разной длины и степени разветвленности;

Есть желательные компоненты, отвечающие требованиям к базовым маслам (БМ), и нежелательные, ухудшающие свойства масел (таблица 2) [3].

Таблица 2 – Желательные и нежелательные компоненты

Компоненты нефтяных базовых масел	
Желательные	Нежелательные
Изопарафиновые углеводороды	Твердые парафиновые и изопарафиновые углеводороды
Нафтеновые и парафино-нафтеновые углеводороды	Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и нафтенароматические углеводороды с короткими боковыми цепями
Моно- и бициклические ароматические и нафтенароматические углеводороды с длинными боковыми цепями	Смолистые и смолисто-асфальтеновые соединения
	Гетероорганические соединения

Нежелательные компоненты заметно снижают как физико-химические свойства – вязкость, коксуемость, плотность, цвет, так и эксплуатационные – вязкостно-температурные, низкотемпературные, стабильность к окислению.

Изменения состава масел при эксплуатации. Состав отработанных масел

В настоящее время прослеживается устойчивая тенденция дальнейшего совершенствования двигателей внутреннего сгорания, повышения мощности и снижения металлоемкости промышленных агрегатов. При этом, в маслах происходят процессы, ухудшающие их свойства и, в конечном счете, требующие их замены. Характер и глубина этих изменений зависят от свойств исходного масла и условий его работы. Вот некоторые из подобных процессов:

1. Старение масел в результате изменения коллоидной структуры масла, испарения (угара) легких фракций, химических реакций низко- и высокотемпературного окисления, термоллиза тяжелых ароматических углеводородов, полимеризации и конденсации углеводородов;

2. Взаимодействие с продуктами сгорания топлива, содержащими большое количество оксидов серы и азота, неполностью сгоревшие углеводороды и сажу;

3. Срабатывание функциональных присадок при их взаимодействии с продуктами старения масла и сгорания топлива, каталитическом действии некоторых металлов, температуры, кислорода и влаги, низкой стабильности самих присадок, а также адсорбции и хемосорбции некоторых из них поверхностного действия;

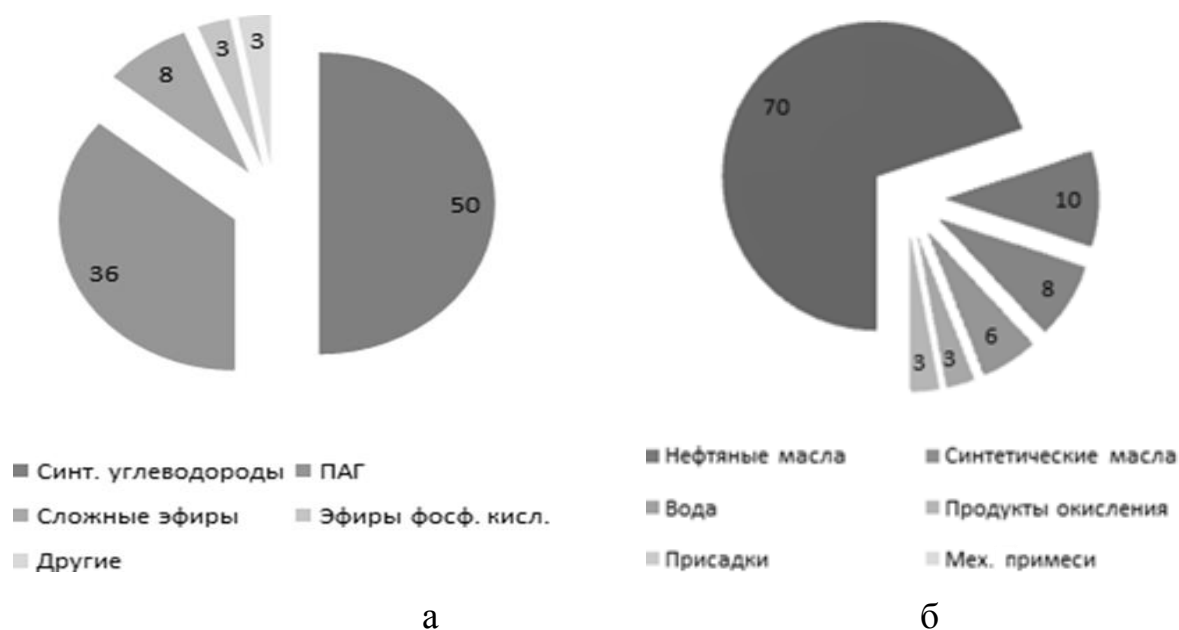
4. Накопление в масле продуктов срабатывания зольных присадок, органических и продуктов механической, термической и термоокислительной

деструкции полимерных присадок (загущающих и депрессорных), смол;

5. Образование олефинов с последующим их осмолением;

6. Обводнение.

При сборе состав отработанных масел усредняется. Сборщики сырья, зная состав масел и требования переработки, могут сортировать его для облегчения последующей переработки и повышения её экономических результатов. В усреднённом образце доля нефтяных масел - около 70 %, а синтетических - не больше 10 % (рисунок 2). Ведущее место по объёму потребления среди смазочных материалов занимают нефтяные масла.



а – состав отработанного масла, б – состав синтетической части

Рисунок 2 – Состав смесей отработанных масел

Основные стадии переработки отработанных масел

В ряде случаев масло из ОМ превосходит нефтяное по некоторым показателям. Из-за множества и разнообразия загрязнений смеси отработанных масел, собираемых централизованно, как правило, перерабатывают в несколько стадий. Регенерация ОМ на малогабаритных установках чаще всего основана на контактной, селективной очистке или иных физических, химических, физико-химических методах.

Современные технологии вторичной переработки ОМ на крупнотоннажных заводах мощностью 30 - 100 тыс. тонн позволяют перерабатывать доступные для сбора смеси ОМ. Такие заводы имеют следующие основные блоки (рисунок 3):

1. Предварительной очистки сырья;
2. Вакуумной дистилляции;
3. Доочистки дистиллятных масляных фракций.

Необходимо отметить, что селективная очистка возможна лишь для отсортированных промышленных масел общего назначения без присадок. Наиболее распространено включение кубового остатка в битумы [4].

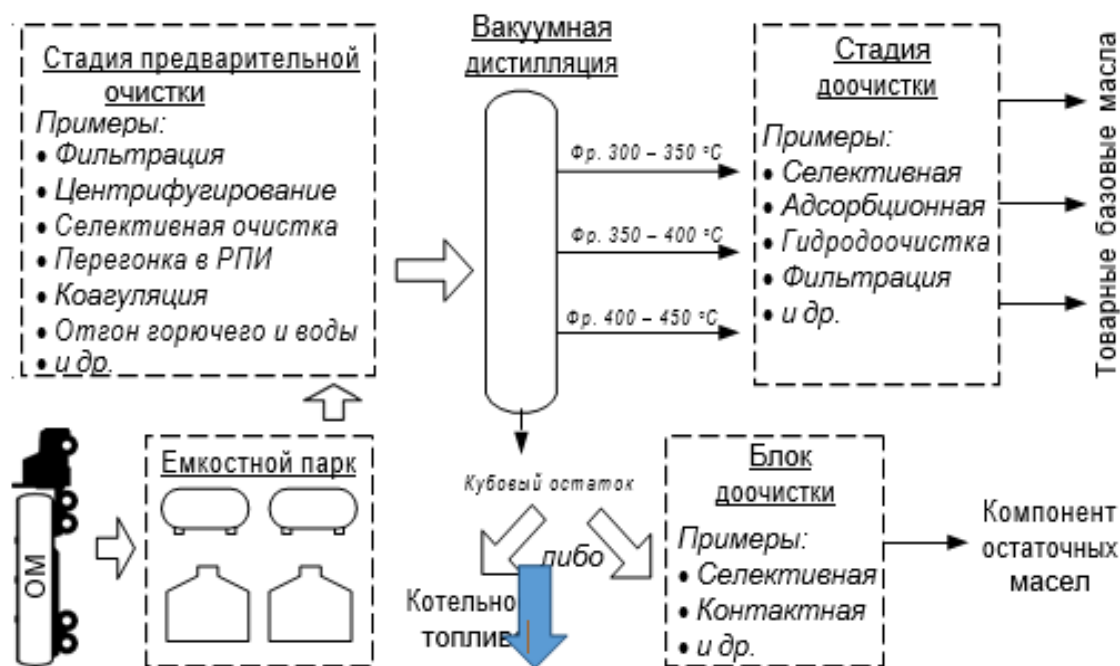


Рисунок 3 – Блок-схема завода промышленной переработки ОМ

На предприятиях используют различные технологии на основе физических, физико-химических и химических процессов, позволяющие получать из сырья до 65 - 70 % очищенного масла.

Технологические схемы могут включать предварительную очистку сырья и доочистку дистиллятных масляных фракций. Вот некоторые из этих процессов:

- отстаивание,
- фильтрация,
- центрифугирование,
- перегонка в роторно-плёночном испарителе (РПИ),
- отгон горючего топлива и воды,
- коагуляционная очистка,
- экстракционная (селективная) очистка,
- сернокислотная очистка,
- адсорбционная очистка,
- гидроочистка,
- ультрафильтрация [5].

Основная задача предварительной очистки – продление межремонтного пробега установок, снижение в змеевиках печи и, по возможности, повышение качества товарных продуктов. Стадия доочистки дистиллятных масляных фракций необходима для удаления остатков в производимой продукции нежелательных компонентов.

Стадия предварительной очистки

На стадии предварительной очистки из отработанных масел удаляют механические примеси (пыль, песок, частицы металла, коксообразные вещества),

воду, САВ, тяжелые продукты окисления, соли органических кислот и прочие, которые затрудняют дальнейшую переработку и грозят преждевременным выходом установок из строя, сокращая тем самым межремонтный период.

В настоящее время предварительная очистка сырья предполагает методы:

1. Физические (отстаивание, центрифугирование, фильтрация);
2. Экстракционные (селективная очистка, промывка);
3. Ректификационные (перегонка в РПИ, вакуумная дистилляция);
4. Физико-химические (коагуляционная очистка).

Отстаивание – осаждение частиц под действием силы тяжести. Отстаивание ранее применяли для удаления грубых механических примесей, отделения шлама и воды на первой стадии предварительной очистки. Оптимальной температурой процесса считают 80–90°C. Сегодня отстаивание, наряду с центрифугированием и фильтрацией, по-прежнему применяют для очистки масел, в которых нет детергентных и диспергирующих присадок (трансформаторное, турбинное).

Однако метод отстаивания малоэффективен для предварительной подготовки сырья, доступного для сбора, особенно содержащего диспергирующие присадки.

Центрифугирование – разделение частиц дисперсных систем с разной удельной массой под влиянием центробежных сил. При этом наиболее тяжелые загрязняющие примеси оттесняются к стенкам сосуда, затем следует водный слой, а у оси вращения скапливается очищенное масло. Центрифугирование эффективнее отстаивания, однако требует больших капитальных вложений и эксплуатационных расходов, а из-за большого содержания диспергирующих присадок неэффективно. Кроме того, при центрифугировании есть проблема «третьей фазы», то есть кроме фаз «масла» и «воды», образуется промежуточная фаза густого шлама, который засоряет центрифугу и заставляет часто останавливать её для чистки.

Фильтрация – разделение неоднородных систем при помощи пористых перегородок, задерживающих одни фазы и пропускающих другие. На стадии предварительной очистки используют грубую фильтрацию, а для доочистки дистиллятных масляных фракций – тонкую.

Селективная (экстракционная) очистка. Эффективным способом удаления канцерогенных соединений из отработанных масел, помимо гидроочистки жесткого режима, считают глубокую селективную (экстракционную) очистку. Её можно использовать как на стадии предварительной очистки ОМ после удаления механических примесей и воды, так и на стадии доочистки.

Коагуляционная очистка. Поскольку ОМ эмульсионно суспензионный коллоидный раствор, его предварительную очистку можно свести к разрушению данной коллоидной системы. Среди возможных способов разрушения коллоидных систем (повышение температуры, действие электрического тока, центрифугирование, фильтрация) наибольший интерес представляет коагуляционная очистка, способная в одну стадию разрушить коллоидную

систему, нейтрализовать сырье и удалить компоненты, которые сложно удалить другим методами. Щелочная коагуляционная очистка является альтернативой селективной и перегонке в РПИ.

На некоторых предприятиях применяют технологию, включающую коагуляционную, контактную или кислотнo-контактную очистку, вакуумную дистилляцию.

В таблице 3 приведено сопоставление ключевых методов предварительной очистки ОМ – пропановой деасфальтизации, перегонки в РПИ и щелочной коагуляционной очистки при переработке на крупных предприятиях по свключающей вакуумной дистилляции [10].

Таблица 3 – Сравнение различных методов предварительной очистки ОМ

Критерии оценки	Пропановая деасфальтизация	Перегонка в РПИ	Щелочная коагуляционная очистка
Выход продуктов, % масс:			
асфальт деасфальтизации	25	–5	–
керосино-дизельная фракция	4,5	74	5
масляныепогоны	55,5	20	64
кубовый остаток	13	1	25
потери	2		6
Качество асфальта деасфальтизации	Только для инсинерации	–	–
Качество керосино-дизельной фракции	Компонент котельного топлива	Только для инсинерации	Компонент котельного топлива
Качество масляных погонов	Требуютдоочистки		
Качество кубового остатка вакуумной дистилляции	Пригоден для низкосортных смазочных материалов	Только для инсинерации	Компонент битума
Капитальные затраты	Высокие	Умеренные	Низкие
Энергетические затраты	Высокие	Высокие	Умеренные

Таким образом, на стадии предварительной подготовки наиболее эффективными считаются коагуляционная и селективная очистка, перегонка в РПИ, термическая обработка. Отстаивание, фильтрация, центрифугирование не позволяют качественно подготовить к переработке современные ОМ и их смеси, доступные для сбора.

К достоинствам схемы с применением щелочной коагуляционной очистки и последующей вакуумной дистилляции относятся высокий выход целевого продукта, превышающий 65 % масс., низкий выход побочных продуктов (компонентов котельного топлива) - примерно 25% масс. при низких капитальных и умеренных эксплуатационных затратах. Такой результат дру-

гими методами переработки получить затруднительно.

Стадия перегонки предварительно очищенных отработанных масел

Вакуумная перегонка необходима для контроля пределов кипения и вязкости масляных фракций, получаемых из смесей отработанных масел. В этом процессе получают дистиллятные масляные фракции и кубовый остаток, который содержит, помимо смол, продуктов окисления и нежелательных соединений, ценное сырье – высоковязкий остаточный масляный компонент. Для его выделения заводы по переработке ОМ могут включать доочистку кубового остатка, например, деасфальтизацию пропаном. По упрощенной технологической схеме кубовый остаток вакуумной дистилляции можно использовать в качестве компонента котельного топлива или асфальта. При этом его применение в качестве топлива затруднено вследствие высокой зольности и наличия органических соединений фосфора. Коагуляционная очистка щелочью с последующим нагревом в печи вакуумной колонны до 360°C позволяет либо удалить, либо нейтрализовать, либо превратить органические соединения фосфора в неорганические [6].

Перегонка в роторно-пленочном испарителе (РПИ) известна во множестве вариантов. В этом процессе масло после удаления воды и легких фракций перегоняют в РПИ при глубоком вакууме и относительно невысокой температуре. Неиспарившуюся часть, состоящую из механических примесей, САВ и других нежелательных компонентов, удаляют снизу испарителя и используют обычно в производстве асфальта.

Перегонка осуществляется при остаточном давлении 1-2 мм рт. ст., температуре 300–350°C и непродолжительном контакте горячего сырья с металлическими поверхностями. В этих условиях крекинг сырья исключён, сработанные присадки концентрируются в кубовом остатке испарителя, а целевой продукт, включая остаточные масла, после доочистки пригоден для применения в качестве компонентов смазочных масел.

Стадия доочистки

На стадии доочистки из сырья удаляют остатки продуктов старения и загрязнений и придают ему товарный вид. Здесь наиболее эффективна контактная и кислотно-контактная очистка, гидрогенизация.

Сернокислотная очистка. Серная кислота разрушает смолисто-асфальтовые и ненасыщенные соединения, которые вместе с не прореагировавшей кислотой выпадают в осадок, образуя кислый гудрон. Наиболее ценные для масел циклопарафины серной кислотой не затрагиваются. После отделения кислого гудрона сырье промывают водным раствором щелочи, которая нейтрализует остатки серной кислоты и кислого гудрона. Очистку заканчивают промывкой масла водой и последующим его обезвоживанием. Обработка щелочью после серной кислоты может привести к образованию стойких водомасляных эмульсий. Для предотвращения этого обработку щелочью заменяют контактной очисткой отбеливающими глинами. Последние обладают большой адсорбционной способностью поглощать полярно-активные вещества продукты взаимодействия с серной кислотой. Кислотную очистку, совмещенную с контактной отбеливающими глинами, называют

кисотно-контактной очисткой [7]. Образующийся в процессе сернокислотной очистки кислый гудрон, а при кислотнo-кoнтaктнoй очистке еще и oтpaбoтaнный сорбент являются весьма токсичными побочными продуктами. Кроме серной кислоты, в них содержатся смолистые вещества и продукты полимеризации. Эти отходы экологически весьма опасны. Переработка ОМ с применением деасфальтизации, вакуумной перегонки или других процессов практически полностью вытеснила сернокислотную очистку. Недостатком сернокислотной очистки является не только образование кислого гудрона, но и невысокий выход очищенного масла. Она не удаляет из ОМ полициклических ароматических углеводородов и высокотоксичных соединений хлора, а также не позволяет перерабатывать масла на основе сложных эфиров, разлагая их и увеличивая количество кислого гудрона. Процессы с применением серной кислоты по своим экологическим характеристикам уступают другим процессам переработки ОМ.

Адсорбционная очистка. Применяется для доочистки дистиллятных масляных фракций и основана на способности адсорбентов удерживать загрязнения на поверхности и в гранулах капилляров. Адсорбционная очистка широко используется при переработке отработанных масел, позволяя получать высококачественные базовые масла. В качестве адсорбентов применяют отбеливающие глины, бокситы, природные и синтетические цеолиты, силикагель, окись алюминия, алюмосиликаты. Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом, когда масло перемешивают с измельченным адсорбентом, перколяционным, когда очищаемое масло пропускают через слой адсорбента. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще применяется силикагель, а потому этот метод весьма дорог. Перед контактной очисткой из отработанных масел необходимо удалить воду и топливные фракции. Суть контактной очистки в следующем: при температуре 70 – 75 °С ОМ смешивают с порошкообразным адсорбентом, выдерживают при той же температуре, а затем фильтруют. Расход адсорбента при такой схеме может составлять 120 - 160 кг/м³ сырья.

Ионнообменная очистка. Является разновидностью адсорбционной и основана на способности ионитов (ионнообменных смол) удерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые полимеризацией и поликонденсацией органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Очищать ОМ можно контактным методом при перемешивании с зернами ионита размером 0,3-2,0 мм или перколяционным методом, пропуская масло через колонну, заполненную ионитом. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Свойства ионитов восстанавливают промывкой растворителем, сушкой и активацией 5 %-ным раствором едкого натра. Ионно-обменная очистка удаляет из масла кислые соединения, при этом смолистые вещества остаются [8].

Гидроочистка. Гидрогенизационные процессы все шире применяют при переработке ОМ, так как они позволяют получать качественные базовые

масла с высоким выходом и являются экологически более чистыми, чем серно-кислотная и адсорбционная очистки. Гидроочистка с применением эффективных современных катализаторов обеспечивает лучшее качество масла по показателям стабильности и цвета, и поэтому её в основном применяют при доочистке дистиллятных масляных фракций под давлением до 2 МПа в присутствии различных катализаторов, водорода и температуре 380–400 °С. Недостатками гидроочистки являются использование водорода и серьезные эксплуатационные затраты, а также высокие требования к качеству сырья, так как многие вещества (в первую очередь органические соединения фосфора, кремния и хлора) отравляют катализатор. Гидроочистка экономически целесообразна при производительности завода не менее 30-50 тыс. т/год. На установках гидроочистки масел, как правило, используют водородсодержащий газ (ВСГ) каталитического риформинга, поэтому такая установка должна либо входить в состав нефтеперерабатывающего завода, либо находиться в непосредственной близости от него. Не исключено, что гидроочистка в будущем приобретет практическое значение при подготовке сырья вторичной переработки ОМ. Имеются отдельные сведения о работе в этом направлении. В частности, есть положительные результаты применения в гидроочистке отработанного катализатора гидрокрекинга, что коренным образом может изменить экономику процесса.

Ультрафильтрация. В последнее время появляются методы фильтрации масел на молекулярном уровне, когда фильтр или мембрана пропускают молекулы углеводородов и задерживают молекулы продуктов окислительной полимеризации и другие нежелательные примеси.

Таким образом, крупнотоннажные современные технологии вторичной переработки ОМ на заводах мощностью 30 – 100 тыс. тонн включают в себя три основных блока:

1. Предварительная очистка сырья;
2. Вакуумная дистилляция;
3. Доочистка дистиллятных масляных фракций.

Такая классическая схема переработки ОМ может претерпевать незначительные технологические изменения, направленные на улучшение качества конечного продукта

Библиографический список

1. Чередниченко Р.О. Методика отбора проб неоднородных по составу отработанных смазочных материалов [Текст] / Р. О. Чередниченко, В. А. Дорогочинская, Л. Станьковский // ХТТМ. – Москва, 2010. – С. 48–51.
2. Тонконогов Б.П. Вопросы импортозамещения смазочных масел [Текст]/ Б.П. Тонконогов, Л. Станьковский, В.А. Дорогочинская // Промышленный сервис, 2017 г. - Москва, 2017. – С. 8–14.
3. Станьковский Л. Качество масел вторичной переработки [Текст] / Д. А. Чумаков, В. А. Дорогочинская // Технологии нефти и газа, 2014 г. – Москва, 2014. – С. 16–19.
4. Бакулин Е.К. Антипенные свойства восстановленных масел [Текст] /

Л. Станьковский, В. А. Дорогочинская // Технологии нефти и газа. – Москва, 2016.–С. 35–39.

5. Станьковский Л. Приемистость к присадкам и рациональные пути использования восстановленных масел [Текст] / Л. Станьковский, В.А. Дорогочинская, Д.А. Чумаков, Б. П. Тонконогов, Е. К. Бакулин // Технологии нефти и газа. – Москва, 2015. –С. 53–57.

6. Трегер Ю.А. Стойкие органические загрязнители. Проблемы и пути их решения [Текст] / Ю.А. Трегер // Вестник МИТХТ – Москва, 2011.– С.87–101.

7. Станьковский Л. Классификация отработанных смазочных масел и показатели их качества [Текст] / Р.О. Чередниченко, В.А. Дорогочинская // ХТТМ – Москва, 2010. – С. 8–11.

8. Трегер Ю.А. Инвентаризация содержащего полихлорбифенилы оборудования в РФ. [Текст] / В.Н. Розанов, Г.С. Дасаева. // Энциклопедия инженера-химика – Москва, 2010. – С. 25–29.

УДК 628.357:54.635

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Гашникова А.О., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, gashnikova20172017@gmail.com*

***Аннотация.** В данной статье рассматривается применение плавающего водного растения эйхорния для повышения эффективности доочистки сточных вод, образующихся в металлургическом производстве: основная характеристика водного растения, способы посадки и содержание цветка, выбросы сточных вод металлургического производства, способы очистки сточных вод, экологическое влияние.*

***Ключевые слова:** водный гиацинт эйхорния, очистка сточных вод, экологи, металлургическое производство.*

THE USE OF THE FLOATING AQUATIC PLANT EICHORNII FOR THE EFFICIENCY OF POST-TREATMENT OF WASTEWATER GENERATED IN METALLURGICAL PRODUCTION

Gashnikova A.O., Mikhailichenko T.A.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, gashnikova20172017@gmail.com*

***Abstract.** This article discusses the use of the floating aquatic plant eichornium to improve the efficiency of wastewater treatment generated in metallurgical*

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., Филипов 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>Гашишникова 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., Карпенков 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>Клевицов 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 «АЛЮМИНИК» 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