

**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»

4. Эйхорния поможет очистке [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://35media.ru/articles/2018/07/02/ejhorniya-pomozhet-ochistke> (дата обращения: 12.09.2022).

5. Эйхорния [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://erz.ru/stroitelstvo/prudyi/vodnyie-rasteniya/ejhorniya> (дата обращения: 12.09.2022).

6. ЕВРАЗ НТМК высадил тропические растения для очистки воды в одном из прудов Нижнего Тагила [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://mstrok.ru/news/evraz-ntmk-vysadil-tropicheskie-rasteniya-dlya-ochistki-vody-v-odnom-iz-prudov-nizhnego-tagila> (дата обращения: 12.09.2022).

УДК 632. 151

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ**

**Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, Россия, konoplev-ddk@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассмотрено состояние атмосферного воздуха города Новокузнецк и проведена его эколого-климатическая оценка. Произведен анализ результатов расчетов выбросов загрязняющих веществ от сжигания угля марки Д и А, а также, выбор наиболее приемлемого с экологической точки зрения вида топлива для котельного агрегата.

*Ключевые слова:* атмосферный воздух, вредные выбросы, твердое топливо, котельный агрегат, уголь.

## **INVESTIGATION OF THE STATE OF THE ATMOSPHERIC AIR OF NOVOKUZNETSK AND THE POSSIBILITY OF REDUCING HARMFUL EMISSIONS**

**Konoplev D.D., Korotkov S.G., Domnin K.I.**

*Siberian State Industrial University,  
Novokuznetsk, Russia, konoplev-ddk@mail.ru*

*Abstract.* The paper considers the state of the atmospheric air of the city of Novokuznetsk and its ecological and climatic assessment is carried out. The analysis of the results of calculations of emissions of pollutants from the combustion of coal grades D and A, as well as the choice of the most environmentally acceptable type of fuel for the boiler unit.

*Keywords:* atmospheric air, harmful emissions, solid fuel, city boiler unit, carbon coal.

Защита воздушного бассейна от загрязнений промышленными

выбросами является одной из важнейших проблем вообще, и для г. Новокузнецка в частности.

Атмосферный воздух Новокузнецка исследовался на содержание аммиака, бенз(а)пирена, взвешенных веществ, водорода фтористого, водорода цианистого, диоксида и оксида азота, диоксида серы, металлов, оксида углерода, углерода (сажи), сероводорода, фенола и формальдегида [1]. Количество проб атмосферного воздуха с превышением ПДК загрязняющих веществ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество проб атмосферного воздуха с превышением ПДК загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Количество проб	Количество проб с превышением ПДК
Всего, в том числе:	39468	837
Водород фтористый	6069	658
Оксид углерода	4741	58
Взвешенные вещества	6901	92
Формальдегид	5233	17
Фенол	5290	2
Аммиак	805	1
Диоксид азота	6970	7
Оксид азота	3459	2

Наибольшее количество проб с превышением ПДК отмечено по водороду фтористому – 658, наименьшее по аммиаку – 1.

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в г. Новокузнецк в долях ПДК представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в г. Новокузнецке в долях ПДК

Наименование вещества	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Бенз(а)пирен	6,0	6,8	5,8	3,5	7,1
Водород фтористый	0,8	0,8	0,9	0,9	1,2
Взвешенные вещества	0,9	1,0	1,0	0,7	1,6
Аммиак	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8
Диоксид азота	0,8	0,6	0,7	0,6	1,0
Формальдегид	0,5	0,6	0,7	0,5	1,7
Оксид углерода	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5
Фенол	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3
Оксид азота	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
Диоксид серы	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Углерод( сажа)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7

### *Бенз(а)пирен*

Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена по сравнению с 2020 годом увеличилась в 2 раза. Наибольшее загрязнение этой примесью наблюдалось в Кузнецком районе, где средняя за год концентрация составила 13,5 ПДК, максимальная из среднемесячных концентрация установлена в декабре – 42,4 ПДК. В течение года зарегистрировано 10 высоких среднемесячных концентраций бенз(а)пирена, превышающих ПДК более чем в 10 раз.

### *Формальдегид, взвешенные вещества, водород фтористый*

Средняя за год концентрация формальдегида относительно 2020 года возросла в 3,4 раза, взвешенных веществ – в 2,3 раза, водорода фтористого – 1,3 раза. В Куйбышевском районе установлены максимальные из разовых концентрации: формальдегида – 1,9 ПДК, взвешенных веществ – 5,2 ПДК; в Центральном районе – водорода фтористого – 4,4 ПДК [5].

### *Диоксид азота, оксид азота*

По сравнению с предыдущим годом увеличились среднегодовые концентрации диоксида азота в 1,7 раза, оксида азота – в 2 раза, но не превысили допустимого значения. Максимальные из разовых концентрации данных примесей зарегистрированы в Центральном районе и составили 1,3 ПДК и 2,0 ПДК соответственно.

### *Углерод (сажа)*

Средняя за год концентрация углерода (сажи) увеличилась в 7 раз и составила 0,7 ПДК. Максимальная из разовых концентрация углерода не превысила установленную ПДК во всех районах городского округа.

### *Диоксид серы, оксид углерода*

Среднегодовая концентрация диоксида серы (0,1 ПДК) сохраняется на одном уровне в течение четырех последних лет. Средняя за год концентрация оксида углерода (0,5 ПДК) осталась на неизменном уровне по сравнению с прошлым годом. Максимальная из разовых концентрация оксида углерода 2,7 ПДК и наибольшая повторяемость проб выше ПДК – 2,0 % отмечены в Центральном районе.

### *Фенол, аммиак*

Среднегодовые концентрации аммиака и фенола по отношению к прошлому году увеличились незначительно, составили 0,8 ПДК и 0,3 ПДК соответственно. Максимальные из разовых концентрации аммиака и фенола – 1,1 ПДК.

### *Водород цианистый, сероводород*

Максимальная из разовых концентрация водорода цианистого составила 0,033 мг/м<sup>3</sup>, сероводорода – 1,0 ПДК.

### *Металлы*

Загрязнение воздушного бассейна металлами невелико: максимальные концентрации из среднемесячных значений не превышали допустимые санитарные нормы.

За пятилетний период (2017-2021 гг.) среднегодовая концентрация бенз(а)пирена увеличилась в 1,2 раза. Средняя за год концентрация взвешен-

ных веществ увеличилась в 1,8 раза, водорода фтористого – в 1,5 раза [1].

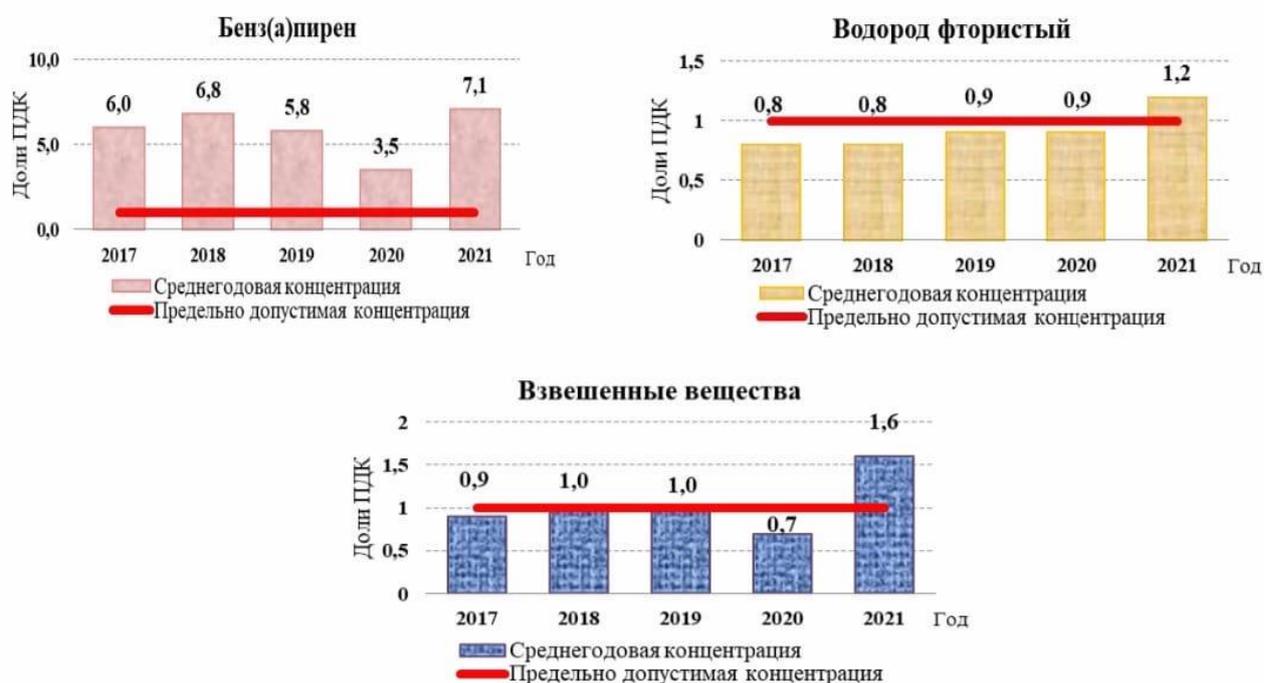


Рисунок 1 - Тенденция выполненные изменения отходах среднегодовых концентраций фтористого основных оксида примесей в г. Новокузнецке в положе долях ПДК

Экологическая обстановка в городе Новокузнецк очень напряженная. Новокузнецк является седьмым в России по выбросу отходов и входит в пятерку городских областей страны по химическому загрязнению атмосферы. В городе существуют 42 предприятия, которые выбрасывают в атмосферу более ста наименований загрязняющих веществ. Состояние оборудования промышленных предприятий города оставляет желать лучшего – только 75 % выбросов улавливаются и обезвреживаются. Остальное остается в атмосфере и сточных водах. Экологическая обстановка ещё больше обостряется климатическими условиями и географическим расположением города – окружающие Новокузнецк горные скалы содействуют «штилевой» погоде, а это ведет к образованию смога. Вода в реке Томь, сильно загрязнена. В стоках отмечено повышенное содержание, железа, магния, меди, нефтепродуктов [2].

Крупными загрязнителями городского воздуха являются:

- ОАО ЗСМК – 60 %;
- Кузнецкая ТЭЦ – 12 %;
- алюминиевый завод – 8 %;
- объекты бывшего КМК – 7 %;
- Абагурская аглофабрика – 7 %;
- ОАО «Кузнецкие ферросплавы» – 6 %.

В таблице 3 представлены валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по отраслям промышленности г. Новокузнецка за 2021 г.

Таблица 3 – Валовые выбросы в атмосферу за 2021 год

Отрасль	Валовый выброс, тыс. тонн/год	Процент, %
Черная металлургия	374,07	71,88
Цветная металлургия	31,44	6,04
Теплоэнергетика	42,5	8,16
Производство строительных материалов	3,61	0,69
Топливная отрасль	52,2	10,03
Жилищно-коммунальное хозяйство	12,8	2,46
Прочие	3,82	0,73
Итого	520,44	100

Остальная часть вредных выбросов, составляющих из года в год практически 550 кг на 1-го городского жителя, оседает в воздушной среде и сточных водах [2].

Ощутимый вклад в загрязнение воздуха вносит теплоэнергетика, в частности выбросы от котельных.

Условия сгорания топлива в разных теплотехнических устройствах и подготовка их к сжиганию различны, как различны и сами виды топлива [3].

Для горения твёрдого топлива нужно большое количество воздуха, превышающее в несколько раз по весу количество топлива. При продувании слоя топлива воздухом сила аэродинамического давления потока  $P$  может быть меньше веса кусочка топлива  $G$  или, наоборот, больше его. В топках с «кипящим слоем» «кипение» связано с разьединением частиц топлива, что увеличивает объем слоя в 1,5-2,5 раза. Движение частиц топлива (обычно они от 2 до 12 мм) похоже на движение кипящей жидкости, почему такой слой и получил название «кипящего». Процесс сгорания может быть условно разделен на стадии, накладывающиеся одна на другую. Эти стадии протекают в разных температурных и тепловых условиях и требуют различного количества окислителя. Свежее топливо, поступающее в топку, подвергается более или менее быстрому нагреванию, из него испаряется влага и выделяются летучие вещества – продукты сухой перегонки топлива. Одновременно протекает процесс коксообразования. Кокс сгорает и частично газифицируется на колосниковой решетке, а газообразные продукты сгорают в топочном пространстве. Негорючая минеральная часть топлива при сгорании топлива превращается в шлак и золу [4].

Ниже приведён показатель вредности различных видов топлива, который базируется на ПДК соответствующих вредностей (таблица 4).

Котельные Новокузнецка работают на твёрдом топливе - угле Кузнецкого бассейна. Дымовые газы содержат такие вредные вещества, как зола, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен.

Таблица 4 – Сравнительные данные по вредности различных видов органического топлива

Топливо	Относительные слагаемые вредности			Суммарная вредность
	зола	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	
Кузнецкий уголь	0,26	1,82	6,66	8,74
Назаровский уголь Т	0,33	3,87	7,56	11,76
Мазут, S <sup>P</sup> =1%	-	1,53	6,41	7,94
Сланцы	2,59	8,57	8,16	19,32
Подмосковный уголь	1,12	14,58	7,26	22,96

Известно, что в золошлаковых отходах содержание большинства химических элементов (за исключением легколетучих) в несколько раз выше их первичного содержания в исходном угле (таблица 5).

Таблица 5 – Среднее содержание микроэлементов в различных углях и их золах, г/т

Микроэлемент	Уголь	Зола	Степень концентрации, раз
Be	2,7	10,5	>3,8
Cd	1,8	9,0	5,0
V	24,7	120,4	4,8
Cu	11,8	60,0	5,1
Zn	28	140,1	5,0
Hg	0,15	0,9	6,0
Pb	12,8	63,3	4,9
As	18,8	91,0	5,0
Ni	10,4	50,5	4,9

Данные таблицы указывают на высокую концентрацию тяжелых микроэлементов в золах, что, в свою очередь, может вызывать серьёзные проблемы со здоровьем и наносить ощутимый вред окружающей среде.

Диоксид углерода поступает в атмосферу, включаются в природные циклы и поглощаются растительностью в процессе синтеза органических соединений и регенерации кислорода. В этом качестве отходы нельзя признать вредными. Однако масштабы использования органического топлива и выброса CO<sub>2</sub> превышают регенерационные возможности растительного мира.

При горении серы, присутствующая в органическом топливе, превращается в диоксид серы, количество которого определяется сернистостью используемого топлива. Из-за трансграничного переноса в наиболее неблагоприятном положении оказались страны, расположенные на востоке и северо-востоке Европы, в связи с преобладанием западных потоков воздушных масс в этом регионе.

Диоксиды азота образуются при горении за счет окисления азота воздуха только при высоких температурах и за счет азота в топливе,

находящегося в сложных органических соединениях, входящих в состав угля и в молекулярном состоянии. При движении дымового факела в атмосфере количество остаточного диоксида азота находится в пределах 60÷70 %. Если выбросы от автотранспорта производятся на уровне земли, то выбросы энергетических объектов осуществляются на высоте более 100-300 м. Это способствует попаданию примесей в верхние слои атмосферы, в частности в озоновый слой, расположенный на высоте 18÷26 км.

Комплексность рассмотрения проблемы защиты атмосферы предусматривает применение одновременно трех мероприятий: снижение величины вредных выбросов путем усовершенствования технологических процессов, конструкций агрегатов и использования отходов; очистку технологических газов от вредных выбросов; рассеивание вредных выбросов в атмосфере [5].

На основе расчетов выбросов загрязняющих веществ от сжигания углей марки Д и А, выполненного по методике [6], можно представить результаты этих расчетов на следующих диаграммах (рисунки 2 и 3).

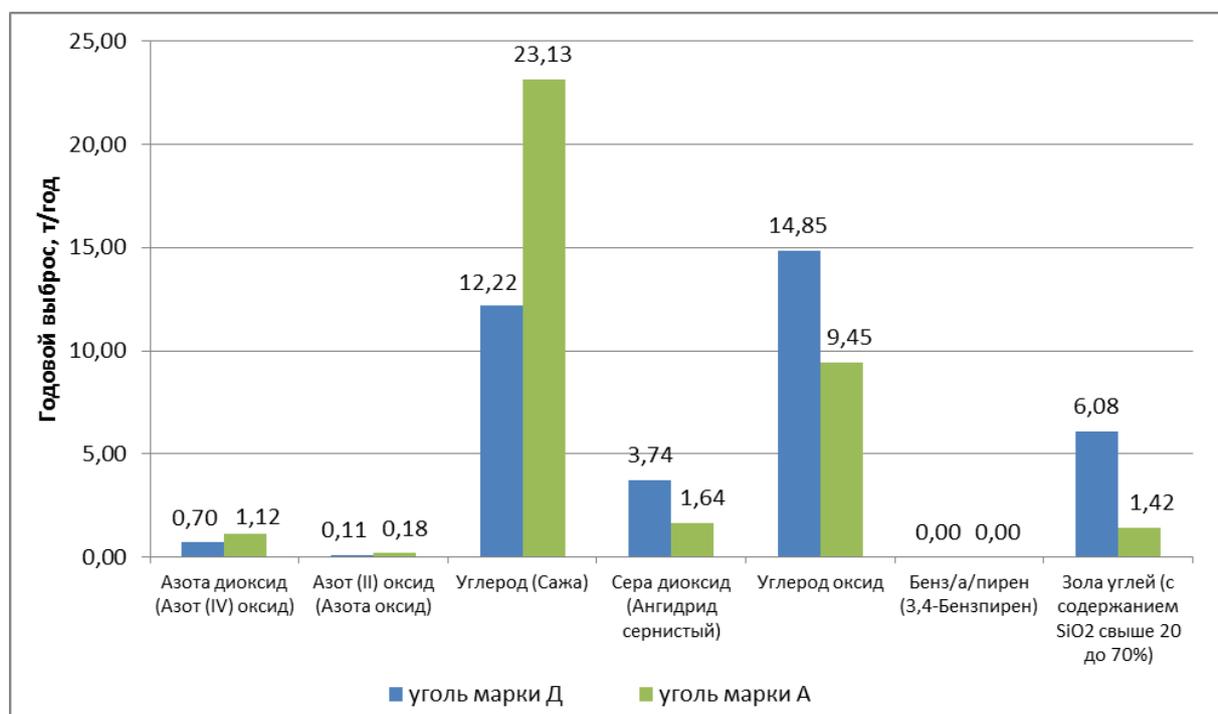


Рисунок 2 – Годовой выброс при сжигании углей марок Д и А Из гистограммы на рисунке 2 видно, что выбросов всех загрязняющих веществ (кроме сажи, оксидов азота и 3,4-Бензпирена) выделяется меньше при сжигании угля марки А. Большее количество выбросов сажи и возможно 3,4-Бензпирена при сжигании угля марки А объясняется большим содержанием углерода в нём. Большее количество выбросов оксидов азота при сжигании угля марки А объясняется большим значением его низшей теплоты сгорания и более высокой температурой горения.

Поскольку низшая теплота сгорания у угля марки А больше, чем Д, следовательно его расход будет ниже на единицу генерируемой тепловой энергии и количество выбросов будет меньше.

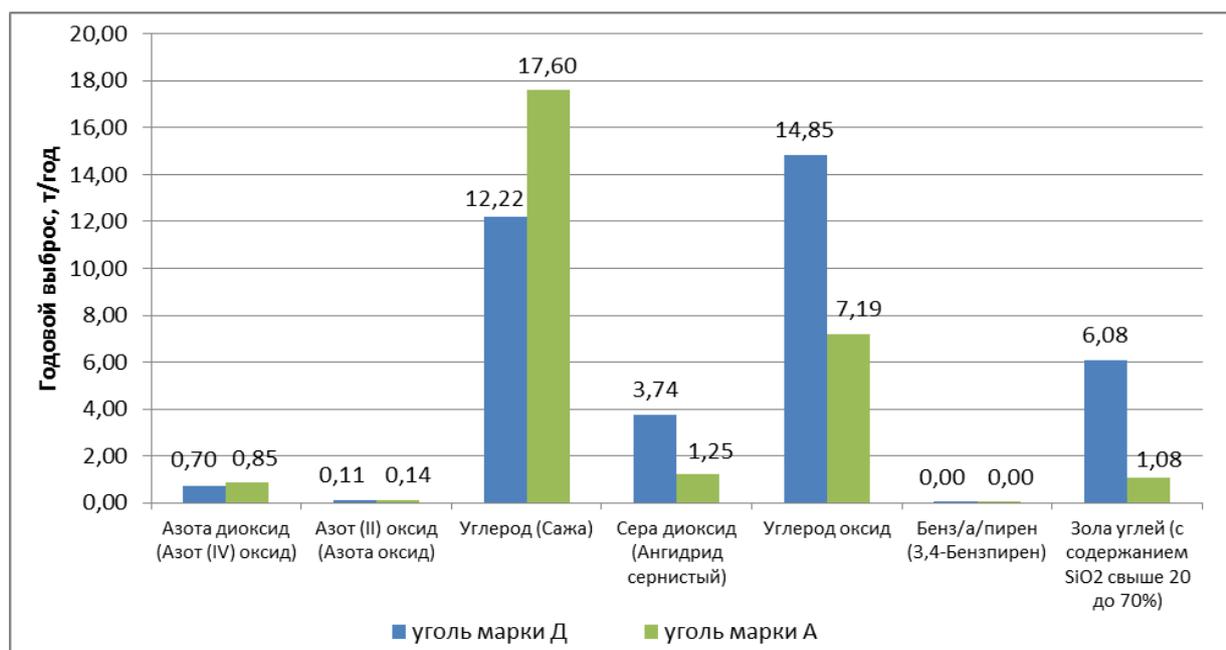


Рисунок 3 - Годовой выброс при сжигании углей марок Д и А при генерации равной тепловой мощности

Из гистограммы на рисунке 3 видно, что выбросов всех загрязняющих веществ (кроме сажи, оксидов азота и 3,4-Бензпирена) выделяется меньше при сжигании угля марки А.

Таким образом, выполненные расчеты и анализ их результатов показывают, что при равных условиях сжигания углей марок Д и А лучшие значения выбросов по диоксиду серы, оксиду углерода и золе принадлежат углю марки А, а выбросов сажи, оксидов азота и бенз/а/пирена – углю марки Д.

По годовому выбросу (исходя из расхода топлива 365 т/год) при сжигании угля марки А по сравнению с углем марки Д имеем следующую разницу в показателях:

- на 5,4 т/год меньше CO,
- на 4,65 т/год меньше золы углей,
- на 2,1 т/год меньше SO<sub>2</sub>,
- на 0,067 т/год больше NO,
- на 0,42 т/год больше NO<sub>2</sub>,
- на 10,9 т/год больше сажи,
- на  $6 \cdot 10^{-6}$  т/год больше бенз/а/пирена.

Суммарный годовой выброс загрязняющих веществ для угля марки Д и марки А составляет соответственно 37,71 и 36,94 т/год. Таким образом, при сжигании угля марки А годовой выброс загрязняющих веществ на 0,77 т/год меньше.

При генерации равной тепловой мощности по годовому выбросу при сжигании угля марки А (исходя из расхода 277,7 т/год) по сравнению с углем марки Д (исходя из расхода 365 т/год) имеем следующую разницу в показателях:

- на 7,67 т/год меньше CO,

- на 4,99 т/год меньше золы углей,
- на 2,5 т/год меньше SO<sub>2</sub>,
- на 0,024 т/год больше NO,
- на 0,15 т/год больше NO<sub>2</sub>,
- на 5,38 т/год больше сажи,
- на  $19 * 10^{-7}$  т/год больше бенз/а/пирена.

При генерации равной тепловой мощности суммарный годовой выброс загрязняющих веществ для угля марки Д и марки А составляет соответственно 37,71 и 28,1 т/год. Таким образом, генерация равной тепловой мощности от сжигания угля марки А, дает годовое снижение выбросов загрязняющих веществ на 9,6 т/год.

При окончательном выборе в качестве рабочего топлива угля марки А снижение выбросов сажи возможно при организации более совершенной системы сжигания, уменьшающей уровень недожога углерода или установке соответствующей газоочистки (сажеуловителя). Уловленная сажа может быть окускована (сбрикетирована) и возвращена в процесс сжигания, что соответствует современным подходам безотходного производства, или может быть реализована в качестве сырья для других технологических процессов.

#### Библиографический список

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2020 году // Администрация Правительства Кузбасса. Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса. – Кемерово, 2021. – 240 с.
2. Статистический анализ экологической обстановки г. Новокузнецка / Е.А. Тарбеева, С.А. Стрекалова // Экономическая наука сегодня : теория и практика - Чебоксары, 2016. - 302-304 с.
3. Теплотехника / Щукин А.А. / Москва : Металлургия, 1973. – 223 с.
4. Горение твердого топлива (гетерогенное горение) [Электронный ресурс]: сайт. – режим доступа: <https://infopedia.su/22x7049.html>, свободный (дата обращения: 25.09.2022).
5. Топливо и основы теории горения. Конструкции топок [Электронный ресурс]: сайт. - Режим доступа: [https://eti.su/articles/over/over\\_1523.html](https://eti.su/articles/over/over_1523.html), свободный (дата обращения: 25.09.2022).
6. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 ГКалл в час (с учетом методического письма НИИ Атмосфера № 335/33-07 от 17 мая 2000 г.) – Москва, 1999.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 3: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ</b> .....	<b>4</b>
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛОТВОДА <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Полегешко С.А.</i> .....	<b>4</b>
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> .....	<b>12</b>
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> .....	<b>18</b>
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> .....	<b>22</b>
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> .....	<b>27</b>
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> .....	<b>35</b>
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> .....	<b>40</b>
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Федоров В.В., Клименов В.А., Черепанов Р.О.</i> .....	<b>49</b>
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> .....	<b>56</b>
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> .....	<b>61</b>
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> .....	<b>70</b>
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> .....	<b>80</b>
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ АДДИТИВНОМ ПРОВОЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	<b>88</b>
<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> .....	<b>88</b>

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.<sup>2</sup>, 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

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

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
<b>СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	352
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ <i>Немчинова Н.В., Тузов А.В., Геройменко А.В., Апончук 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 ВАГОНОПРОКИДЫВАТЕЛЯ 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 «АЛЮМИНЩИК» 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