

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
БІЛОРУСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТОВ НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "Зоря"
ЛУГАНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР МВС України
ПрАТ „ХІМПРОЕКТ” (м. Сєвєродонецьк)
ТОВ «НЦИР «РІЗІКОН» (м. Сєвєродонецьк)

ТЕХНОЛОГІЯ-2019

МАТЕРІАЛИ
XXII міжнародної науково-технічної конференції
частина 1

26 - 27 квітня
2019 року

м.Сєвєродонецьк

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
БІЛОРУСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТОВ НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "Зоря"
ЛУГАНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР МВС України
ПрАТ „ХІМПРОЕКТ” (м. Сєвєродонецьк)
ТОВ «НЦИР «РІЗІКОН» (м. Сєвєродонецьк)**

ТЕХНОЛОГІЯ-2019

МАТЕРІАЛИ

XXII міжнародної науково-технічної конференції
26 - 27 квітня 2019 року
м. Сєвєродонецьк

Частина 1



Сєвєродонецьк, 2019

Технологія-2019 : XXII матеріали міжнар.наук.-техн. конф., 26-27 квіт. 2019 р., м. Сєверодонецьк. Ч. I / [укл. : Тарасов В.Ю.]. – Сєверодонецьк : [Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля], 2019. –221с.

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (Протокол № 11 від 02.05.2019 р.)

Белов В.В., Голосман Е.З.НОВЫЙ КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АМИНОВ.....	10
Михайловская Т.П., Югай О.К., Воробьев П.Б.ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССОВ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ 3- И 4-МЕТИЛПИРИДИНОВ.....	11
Автухова С.С., Черепко Д.Н., Крутько Э.Т.ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ИМИДИЗАЦИИ ПОЛИИМИДОВ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	12
Дістанов В.Б., Бондарєв В.В., Васильєва В.О., Дзьобань Т.В, Мироненко Л.С. СУЛЬФОПОХІДНІ 4-МОРФОЛІНОНАФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ – БАРВНИКИ ДЛЯ ПОЛІАМІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	13
Старчевський Р.О., Оржеховська О.Е.ОДЕРЖАННЯ n-БУТИЛОВИХ ЕСТЕРІВ ВИЩИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ПРИСУТНОСТІ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ.....	15
Автухова С.С., Крутько Э.Т.ИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ-ОСНОВА СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРОВ.....	16
Бойченко С.В., Ланецький В.Г., Матвєєва І.В.ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ВИПАРОВУВАНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ.....	18
Григоров А.Б.ВІДПРАЦЬОВАНІ АВТОМОБІЛЬНІ ШИНИ, ЯК НАПОВНЮВАЧ ДО ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ.....	20
Кохан І.В.ГАЗОРІДНИЙ РЕАКТОР ДЛЯ ПРОЦЕСІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГОМОГЕННИХ МЕТАЛОКОМПЛЕКСНИХ КАТАЛИЗАТОРІВ.....	21
Самойлов Н.А.АНАЛИЗ СХЕМ УГЛУБЛЕНИЯ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	22
Philips T.C, Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I.UNDERSTANDING THE IMPACT OF CATALYTIC MASS CONTENT (Fe₂O₃) IN THE CATALYTIC COMBUSTION OF ISOPROPYL ALCOHOL USING AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY.....	24
Субтельний Р.О., Орбчук О.М., Дзіняк Б.О.СИНТЕЗ КАТІОНООБМІННИХ СМОЛ НА ОСНОВІ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ НАФТОПЕРЕРОБКИ.....	25
Максюта І. І., Нейма О. В., Михнян О. В.ВИДАЛЕННЯ ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИХ МОДЕЛЕЙ З ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ СПОСОБОМ «ГАРЯЧОГО» РОЗЧИНЕННЯ.....	26
Кочкодан О.Д., Жила Р.С., Письменюк А.О.ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА АДСОРБЦІЮ В БІНАРНИХ СУМІШАХ, ЩО МІСТЯТЬ ЙОННІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ.....	28
Кочкодан О.Д., Бойко Р.С., Романюк В.А.СТРУКТУРА АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ В СИСТЕМІ СУМІШ ПАР – ВУГЛЕЦЕВИЙ СОРБЕНТ.....	29
Григоров А.Б.АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІТУМІВ, ОТРИМАНИХ З НАФТОВОГО ШЛАМУ.....	30
Мірошниченко Д.В., Мірошниченко І.В., Шульга І.В., Балаєва Я. С., Терещенко О.О. ПРОГНОЗ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ДОМЕННОГО КОКСУ.....	32
Фатенко С. В., Балаєва Я.С., к.т.н., Мірошниченко Д.В. ВПЛИВ ПИЛОПОДІБНОГО КЛАСУ КОКСІВНОЇ ШИХТИ НА ВЛАСТИВОСТІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ.....	32
Іванов Б.О., Жила Р.С.ВПЛИВ C₆₀F₃₆ НА ПРОЦЕСИ ОКИСНЕННЯ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТУ З ХЛОРБЕНЗОЛОМ.....	33
Tsaplina Nataliia, Volkov A.THE CHEMICAL COMPOUNDS IN PERFUME PRODUCTS.....	35
Сисова О.В., Воробйова В.І.ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХІТОЗАНУ ВІД ЙОГО МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ.....	36
Топчанюк Д.В., Жила Р.С.ВІД'ЄМНИЙ КАТАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОКИСНЕННЯ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТУ 61-БЕНЗЕН-1,2-МЕТАНО[60]ФУЛЕРЕН-61-Г-ПРОПІОНАТБУТАНОМ.....	38
Кічура Д. Б.ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ОЛІГОМЕРІВ.....	39

Кічура Д. Б., Никулишин І. Є. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СИНТЕЗУ ЕСТЕРІВ НА ОСНОВІ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА	40
Гаценко К.В., Стросва В.О. МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПАРАМЕТРИ МЕТАНОУТВОРЕННЯ	42
Zakharova A.I. THE NECESSITY OF DECARBONIZATION OF MODERN ECONOMY	44
Петров А. Д., Полякова О.А. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІЗОПРОПІЛОВОГО ТА ЕТИЛОВГО СПИРТУ В ЯКОСТІ ЗАСОБА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ТРОТИЛУ З ДОЛОНЬ ЛЮДИНИ	45
Фальштинський В.С., Кошка О.Г., Сулаєв В.І. СТЕНДОВА УСТАНОВКА ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ	46
Luhovskoi A., Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I. STUDYING THE INFLUENCE OF THE CATALYTIC EFFECT OF NICKEL AND COBALT ON THE PROCESS OF STEAM GASIFICATION OF STONE COAL	48
Кіхтенко Б.І., Мамец Е.В., Кудрявцев С. О. ВИРОБНИЦТВО ПАРАНІТРОТОЛУОЛУ	50
Бойченко С.В., Матвєєва І.В., Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Кудрявцев С.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ДЕТОНАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО БЕНЗИНУ З ДОБАВКАМИ БІОЕТАНОЛУ	50
Кузьменкова О.Ю., Чепрасова В.И., Залыгина О. С. ВЫБОР ОСАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ХЛОРИДНО-АММОНИЙНОГО ЦИНКОВАНИЯ	52
Платонов О.И. К РАСЧЁТУ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ В УСТАНОВКАХ КЛАУСА	54
Дяденко М.В., Сидоревич А.Г. СТЕКЛОВИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СМОГА	56
Антрапцева Н. М., Коваль Л. Б. ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ КОБАЛЬТУ(II) І ЦИНКУ ГІДРОГЕНФОСФАТІВ	58
Антрапцева Н. М., Біла Г. М. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СИНТЕЗ ЛІНІЙНИХ І ЦИКЛІЧНИХ КОНДЕНСОВАНИХ ФОСФАТІВ МАНГАНУ(II)-КОБАЛЬТУ(II)	59
Антрапцева Н. М., Кравець В.А. ВПЛИВ УМОВ СПІЛЬНОГО ОСАДЖЕННЯ ЦИНКУ І МАГНІЮ ФОСФАТІВ НА ОБЛАСТІ ГОМОГЕННОСТІ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ	60
Вішталюк О.І., Тюльпінов Д.О., Чумак В.О. ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ ТА АМІАКУ ПРИ КАТАЛІТИЧНОМУ ВІДНОВЛЕННІ ОКСИДІВ АЗОТУ	61
Шиманская А.Н., Никадон Е.М. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК TiO₂, CeO₂, Cr₂O₃ НА СВОЙСТВА ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ В СИСТЕМЕ Li₂O–Al₂O₃–SiO₂	62
Левицкий И.А., Подгорнов Д.С. НЕФРИТТОВАННІ ГЛАЗУРИ ДЛЯ САНИТАРНИХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	64
Шиманская А.Н., Грук Д.А. ПОРИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	66
Лозко С.В., Левицкий И.А. МЕТАЛЛІЗИРОВАННІ ГЛАЗУРИ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА	68
Жукова И.И., Левицкий И.А. РЕСУРСОЗБЕРЕГАЮЩІ СОСТАВИ АНГОВОВ ДЛЯ МОНТАЖНОЇ СТОРОНИ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК	70
Левицкий И.А., Хоружик О. Н., Костик Е. А., Тригубович А.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА	72
Осипенко М.А., Харитонов Д.С., Макарова И.В., Курило И.И. ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИТАТОМ ЦИНКА АНОДНО-ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ	74

Гвоздева Н.А. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	75
Шнигир Е. И., Левицкий И. А. ЦВЕТНЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ МАЙОЛИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОКРАШЕННЫЕ ОКСИДАМИ МЕДИ (II), ХРОМА (III), МАРГАНЦА (IV) И КОБАЛЬТА (II)76	
Папко Л.Ф., Пупышев И.Е. СИНТЕЗ СТЕКОЛ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ВОЛОКНА	78
Минаковский А.Ф., Дигаленя А.К., Фроликова Д.И. ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТКОВО-АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ НА ОСНОВЕ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ	80
Дятлова Е.М., Карниевич А.А., Сергеевич О.А., Шестаков А.В ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА МАГНИЯ	82
Ніщименко А.В., Трус І.М. ЗАСТОСУВАННЯ РЕАГЕНТНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ТА ШАХТНИХ ВОД	83
Пропольский Д.Э., Романовский В.И. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	85
Шатило В.И., Минаковский А.Ф., Кондрашѐва К.В. РАЗЛОЖЕНИЕ ВЫСОКОКАРБОНАТНЫХ ФОСФОРИТОВ Пониженной НОРМОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ	87
Канарова К. І., Кузенна А. ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ВОДОПІДГОТОВКИ	88
Денисов О. С., Прилипко І. О. ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ ЦИНК АЦЕТАТУ. 89	
Korniakova O.O., Hladun K.V., Ryzhenko N.S., Salamaha O. O., Khrokalo L. A., Vorobyova V.I. GRAPE WASTE EXTRACT FOR OBTAINING GREEN SYNTHESIS SILVER NANOPARTICLES WITH ANTIMICROBIAL ACTIVITY	90
Прилипко І.О. ВИРОБНИЦТВО СУЛЬФАТУ АМОНІЮ НА ОСНОВІ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ ПОТУЖНІСТЮ 105 000 ТОН НА РІК	91
Осокор А.В., Панчук К. О. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДПРАЦЬОВАНОГО КАТАЛІЗАТОРА АВК-10 ЯК СИРОВИНИ	92
Захарова А.І. ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРИ МІСТА	94
Zaporozhets J. RISK OF CHEMICAL IMPACT ON THE ENVIRONMENT	95
Zaporozhets J. RISK OF ENVIRONMENTAL POLLUTION	97
Баранцева С.Е, Климош Ю.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА – КРИТЕРИЙ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА.....	98
Татарченко О.В., Пушкарська І.М. ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ТЕРИТОРІЇ СНУ ІМ В. ДАЛЯ	100
Попович Б. В., Мартинова Н. В., Кабар А. М., Лихолат Ю. В. ЗБЕРЕЖЕННЯ В УМОВАХ ЕХ СУТУ БОТАНІЧНОГО САДУ ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ РОСЛИН УКРАЇНИ	102
Вашкурак У.Ю., Шевчук Л.І., Афганазів І.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ В КАВІТАЦІЙНИХ УМОВАХ НА СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ОРГАНІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ.....	103
Возна І.П., Трус І.М., Гомеля М.Д. РОЗДІЛЕННЯ НІТРАТІВ ТА СУЛЬФАТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІОНООБМІННОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ	105
Нечухрін О.В., Трус І.М., Гомеля М.Д. МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ВОДИ.....	107
Фирсов О.П., Голосман Е.З., Ефремов В.Н., Скарлыгин М.Н., Бородако Е.Н., Скарлыгина Е.Н. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ, ЛЕЧЕНИЯ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СКОТА И	

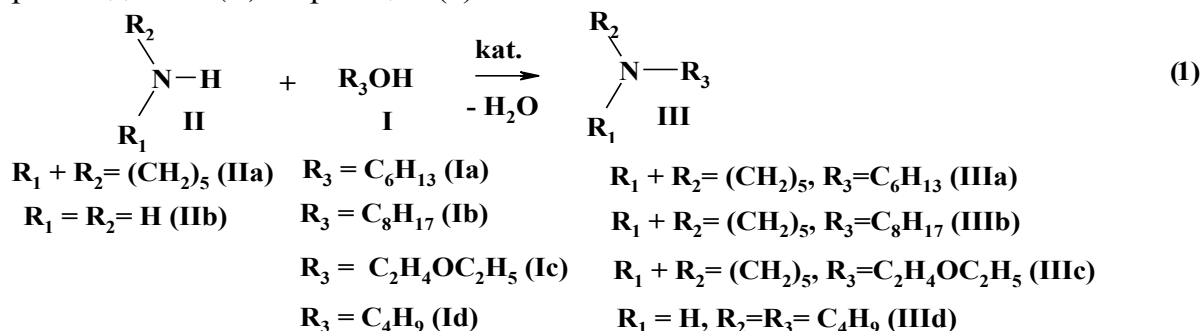
АНТИСЕПТИКА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦІРОВАННОГО ПОЛУПРОДУКТА, ПРИМЕНЯЮЩЕГОСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ	108
Ковалева А.А., Залыгина О. С. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКИЛИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ.....	110
Байдук А.В., Касперов Г.И. АВАРИИ НА ВОДОЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ - ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	112
Самойлов Н.А., Иорданский А.Л., Ольхов А.А., Консейсао А.А. -да.ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	114
Война Ю.С., Касперов Г.И. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	116
Ключенович Д.Д., Крутько Э.Т. МОНИТОРИНГ ОБРАЗЦОВ ВОДЫ В РЕГИОНЕ СОЛИГОРСКОГО РАЙОНА НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРИДОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ.....	118
Станько М.В., Крутько Э.Т. ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ NaCl И KCl В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ МОЗЫРЬСКОГО РАЙОНА	118
Шибека Л. А., Синькевич В.О ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОПА В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ.....	120
Хмылко Л.И., Перминов Е.В. СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В БЕЗОТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ.....	122
Вішталюк О. І., Вєтрова А. Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ СТИМУЛЯТОРІВ НА ЕНЕРГІЮ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ <i>TARGETES PATULA L.</i>	123
Kvasova A.V., Nadtochii Y.A. ENVIRONMENTAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENT AND WASTE DISPOSAL OF THERMAL POWER PLANTS (TPP).....	125
Chaplyhina A.V. THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE INTERACTION OF THE SALT MELT COMPONENTS WITH OXIDIZING GASIFICATION PROCESSES OF SOLID FUELS	128
Поварова Ю.Р., Трус І.М. ІОНООБМІННЕ ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД.....	130
Кісіль К. В ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ЛІКВІДОВАНИХ ПІДПРИЄМСТВ.	131
Масалігіна Н.Ю., Близнюк О.М. КАТАЛІТИЧНА ОЧИСТКА ВИКИДНИХ ГАЗІВ АЗОТНОКИСЛОТНИХ УСТАНОВОК ВІД N ₂ O	133
Лухтура Ф.И. ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ АТМОСФЕРЫ ВОКРУГ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ Г. МАРИУПОЛЯ	135
Лухтура Ф.И. О СТЕПЕНИ УСВОЕНИЯ КИСЛОРОДА КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННОЙ ПРИ ВЕРХНЕЙ ПРОДУВКЕ РАСПЛАВА.....	137
Лухтура Ф.И., Кукин И А., Сидоренко Н.С. О ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ.....	141
Бондаренко Ю.С., Кравченко О.О. ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ НА ПИТОМУ ШВИДКІСТЬ РОСТУ <i>CYPRINUS CARPIO</i>	143
Колінько О. М., Міщенко В. І., Лихолат Ю. В. ВИДОВА ЧУТЛИВІСТЬ КВІТКОВО- ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН ДО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА.....	144
Лихолат Т. Ю., Маренков О. М., Алексєєва А. А. ДІЯ СИНТЕТИЧНИХ ЕСТРОГЕНІВ, ЯКІ МІСТЯТЬСЯ У ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ, НА МЕТАБОЛІЗМ ТВАРИН РІЗНОГО ВІКУ	145
Мацюк В. Р. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БІОГЕОЦЕНОЗІВ ТА ПЛАТА ЗА ЇХ КОРИСТУВАННЯ	146
Полив'яничук А.П., Скурідіна О.О., Каслін О.І. ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЙНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПРОБИ В УНІВЕРСАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК – МІКРОТУНЕЛЯХ ..	147

Полив'янчук А.П., Скурідіна О.О., Романенко С.В., Семененко Р.А.СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЕТИМЕНТАЛЬНЕ ВІДПРАЦЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КОМУНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ТРАНСПОРТУ	149
Vorobyova V.I., Fatyeyev Y.F., Denisyk I.V EFFECT OF THE SOLVENT COMPOSITION ON THE PROFILE OF COMPOUNDS EXTRACTED FROM APRICOT POMACE.....	151
Vorobyova V.I., Chygyrynets' O.E., Skiba M.I.VALORIZATION OF THE APRICOT POMACE EXTRACT: PHYTOCHEMISTRY, ANTIOXIDANT AND ANTICORROSIVE ACTIVITIES.....	153
Григоренко Ю.Ю., Тарасов В.Ю.ВСТАНОВЛЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ДЛЯ СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	155
Карпюк Л.В., Андрущенко С.В.САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ	156
Карпюк Л.В., Хмеленко Б.Ю.АНАЛІЗ ПОМИЛОК СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ	158
Калініна В. Ю., Шляхова Т. В.ІНТЕРАКТИВНІ ДІАГРАМИ ЯК ЗРУЧНИЙ СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ДАНИХ	160
Романченко Ю. А., Мелконова І. В., Агафонов А. О., Капустін В. А.АПРОКСИМАЦІЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MS EXCEL	162
Біловол Є.О., Кузьменко С.В., Сергієнко О.В.ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	164
Краснянський М.О., Маслов С.Ю.ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКАТОРІВ НА МІКРОСТРУКТУРУ ФРИКЦІЙНИХ СІРИХ ЧАВУНІВ З АУСТЕНІТНОЮ МАТРИЦЕЮ ...	166
Подройко Є.О., Загорський Д.В., Сергієнко О.В.ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ФРИКЦІЙНОГО СІРОГО ЧАВУНУ	168
Сергієнко А.П., Міронов М.Р.Шевченко О.В.АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	170
Масленников В.О., Краснянський М.О.ДЕГРАДАЦІЯ І КОРОЗІЙНИЙ МОНІТОРИНГ МЕТАЛУ ТРУБОПРОВОДІВ	172
Романченко О. В., Троценко М. Г.ВПЛИВ ФУТЕРУВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ НА ХАРАКТЕР РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА.....	173
Ishchuk V., Fomina Y., Gorbunov M., Kravchenko K.INNOVATIVE METHOD OF PROCESSING WASTES RUBBER	175
Ishchuk V., Fomina Y., Gorbunov M., Kravchenko K.INNOVATIVE TECHNOLOGY CLEARING WASTE OIL	176
Кроль О.С., Бочаров А.К. Суржигов С.Н.ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ КОНСТРУЮВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	177
Кроль О.С., Бочаров А.К. Суржигов С.М.МОДЕЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ЗУБОРІЗНОЇ ФРЕЗИ З МОДИФІКОВАНИМ ПРОФІЛЕМ	179
Кроль О.С., Суржигов С.М.ОЦІНКА ЖОРСТКОСТІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ	181
Кроль О.С., Кузовов О.Ю.АНАЛІЗ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВЕРСТАТА.....	183
Кроль О.С., Студнік О.П.МОДЕЛЮВАННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА БАГАТОЦІЛЬОВОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА.....	185
Коротенко Б.М., Кузьменко С.В., Сергієнко О.В.АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦЬ	186
Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І.ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	188

Гусаченко А.В., Дерезюк Р.В., Єпіфанова О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ	189
Поденежко А.В., Скляров Ю.А., Браславська О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМИСЛОВИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	190
Степанова О.Г. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ	191
Копанєв Д.Ю., Савицький М.О., Андрющенко С.В., Москалик В.М. ВПЛИВ РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ У АПАРАТАХ НА ЇХ ТЕПЛО– ТА МАСООБМІННУ ЕФЕКТИВНІСТЬ.	192
Савельєв В.В. ВЛИЯНИЕ ПРИНЯТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НА УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКИ	193
Неженцев А.Б. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАЛОВ И МУФТ КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	195
Куземко Р.Д., Козловцев С.В., Васенев К.В., Папазова О. Л., Лухтура Ф. И., Гулак С. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ И НАГРЕВА ГАЗОПОРОШКОВОЙ НЕРАСЧЕТНОЙ СТРУИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА В ПОЛОСТИ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА.....	196
Куземко Р.Д., Шевченко Т. Г., Козловцев С.В., Папазова О. Л, Кравченко В. П. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОШКА И ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСУЩЕГО ГАЗА НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗАПОРОШКОВОЙ СТРУИ В РАСПЛАВ МЕТАЛЛА КОВША	198
Куземко Р.Д., Козловцев С.В., Васенев К.В., Папазова О. Л., Лухтура Ф. И., Гулак С. А. ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА ГАЗОНОСИТЕЛЯ ПЕРЕД СОПЛОМ НА ПАРАМЕТРЫ СВЕРХЗВУКОВОЙ НЕРАСЧЕТНОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЕЁ В ШЛАКОВЫЙ РАСПЛАВ 160 т КОНВЕРТЕРА.....	199
Куземко Р.Д., Шевченко Т.Г., Козловцев С.В., Калинин В.В., Черненко А.С., Житаренко В.М. ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЧАСТИЦ НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗОПРОШКОВОЙ СТРУИ ПРИ РАФИНИРОВАНИИ МЕТАЛЛА В КОВШЕ	201
Міцик А.В., Білозір В.Р. УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО ФІЗИКИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІБРАЦІЙНИХ ЦИКЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З РІЗНИМИ СПЕКТРАМИ КОЛИВАНЬ	202
Ніколаєнко А.П., Базалій С.М., Черних О.М. ВІБРАЦІЙНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ, СХИЛЬНИХ ДО ЗЛИПАННЯ	204
Харламов Ю.А., Білозір В.Р., Троценко М.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА	206
Жиженко Я.В., Алтухов В. М. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ В ОДНОРОТОРНІЙ НОЖОВІЙ ДРОБАРЦІ	208
Шумакова Т.О. ВПЛИВ ФОРМИ ГРАНУЛ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ЗРАЗКІВ ПРИ ВІБРОАБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ.....	210
Зинченко В.В. ТЕПЛОВОЙ НАСОС НА БЫТОВОМ КОМПРЕССОРЕ	212
Ковтанець Т.М., Горбунов М.І., Ковтанець М.В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ	214
Гордєєв М.В., Галабурда Н.І. АНАЛІЗ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	216
Шабрацький С.В., Шабрацький В.І. ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ САМОУСМОКТУВАЛЬНИХ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....	217
Логунов О. М. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.....	218
Шевченко Д. ВОЗДЕЙСТВИЕ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ДОБЫЧНЫХ ЗАБОЕВ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ В СХЕМАХ ДЕГАЗАЦИИ	220

НОВЫЙ КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АМИНОВБелов В.В.¹, к.х.н., доц., Голосман Е.З.², д.х.н., проф., г.н.с.¹ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет²Общество с ограниченной ответственностью ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»

Цель работы - разработка научной базы создания новых каталитических композиций для направленного одностадийного синтеза аминов (III) прямым аминированием гидроксилсодержащих соединений (I) аммиаком и его N-алкилпроизводными (II) по реакции (1):



Слабой стороной применяемых катализаторов являются недостаточно высокие активность и селективность по целевому амину, а также использование в качестве активного компонента дорогостоящих металлов, например, палладия.

Как вариант решения данной весьма актуальной проблемы может быть изучение потенциала промышленных катализаторов, которые ранее для данного процесса не использовались, и создание на их основе новых высокоэффективных контактов.

Принимая во внимание такие свойства катализаторов метанирования на алюмо-кальциевой основе как высокая дисперсность (6 нм) активной составляющей (фаза Ni), термостабильность, механическая прочность и устойчивость к зауглероживанию, в работе был использован промышленный образец серии НКМ в оксидной форме при следующем соотношении компонентов, % мас.: NiO 32,0÷38,0, CaO 9,0÷11,0, Al₂O₃ не менее 47,0 (НКМ 4А).

Каталитический потенциал последнего изучен на установке с проточным кварцевым реактором (внутренний диаметр 15 мм), имеющим испарительную и каталитическую зоны, после предварительных этапов сушки и активации, выполняемых обычным способом.

Аминированием алифатических спиртов (Ia, b) пиперидином (IIa) при температурах 200-220°C, молярном соотношении реагентов 1:1 и нагрузке смеси 1,044 г/(Г_{кат}·ч) в токе водорода (расход 70 мл/мин) получены N-алкилпиперидины (IIIa,b) с выходами 94,0-98,0% и производительностью, превышающей в 1,1-1,5 раза лучшие известные катализаторы.

Аминированием 2-этоксиэтанола (Ic) пиперидином (IIa) при 200°C, нагрузке эквимольной смеси данных реагентов 0,40 г/(Г_{кат}·ч) в токе водорода (расход 20 мл/мин) синтезирован N-(2-этоксиэтил)пиперидин (IIIc) с селективностью 88,0%. Конверсия исходного (Ic) достигает примерно 94,0%. Эти показатели весьма близки к таковым для лучших катализаторов.

Пропусканием парогазовой смеси н-бутанол (Id):аммиак (IIb):водород молярного соотношения 1,0:2,8:(2,6÷6,0) при нагрузке (Id) 2,1430 г/ч и температуре 190°C получены дибутиламин (IIIд), монобутиламин и трибутиламин с селективностями 63,0-70,0%, 28,0-22,0% и 8,0%, соответственно. Конверсия спирта (Id) составляет около 96,0%. Селективность по (IIIд) выше чем у лучших известных катализаторов примерно в 1,4 раза.

Таким образом, катализатор метанирования НКМ 4А потенциально перспективен для применения по новому назначению - в процессах низкотемпературного аминирования

гидроксилсодержащих органических соединений с повышенными конверсией последних, селективностью и производительностью по целевому амину.

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССОВ ПАРЦИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ 3- И 4-МЕТИЛПИРИДИНОВ

Михайловская Т.П., к.х.н., доц., Югай О.К., к.х.н., доц., Воробьев П.Б., д.х.н., доц.

АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы, Казахстан

Важным фактором для развития химической промышленности Республики Казахстан является создание новых высокоэффективных методов каталитических превращений метилароматических соединений, а также внедрение в производство ресурсосберегающих технологий, которые направлены на рациональное использование сырья и сокращение отходов химического производства. Один из путей ресурсосбережения - снижение энергетических затрат при производстве целевых продуктов на основе внедрения инновационных разработок.

В АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова» проводятся исследования в области каталитической переработки 3- и 4-метилпиридинов в кислород- и азотсодержащие функциональные производные. Целью работы является поиск эффективных катализаторов окисления изомерных метилпиридинов в соответствующие пиридинкарбоновые кислоты.

В реакции парофазного окисления 3- и 4-метилпиридинов в сопоставимых условиях были испытаны бинарные V–Ti–O и трехкомпонентные V–Ti–Sn–O-катализаторы, для приготовления которых использовали TiO₂ различных модификаций (анатаз, рутил). Анализ экспериментальных данных, полученных при изучении окисления метилпиридинов на оксидных ванадийтитановых катализаторах различного состава, показывает, что катализаторы, приготовленные с применением TiO₂-анатаз, работают при более низких температурах, чем катализаторы, в составе которых используется TiO₂-рутил. Кристаллическая модификация диоксида титана по-разному влияет на характер связи поверхностных форм кислорода, играющих, как известно, существенную роль в активности и избирательности оксидных ванадийтитановых катализаторов. Имеются данные об ослаблении связи V=O в случае использования анатаза и отсутствие таких изменений для рутильной модификации [1]. Помимо этого, более высокая эффективность ванадиевых катализаторов, для приготовления которых использовался анатаз, по сравнению с катализаторами на основе рутила, связывается с высокой концентрацией ванадильных групп на поверхности катализатора [2]

Сравнение поведения этих образцов оксидных контактов показало влияние кристаллической структуры TiO₂ на их каталитическое действие в окислении как 3-, так и 4-метилпиридинов. Так, например, наибольшая селективность образования никотиновой кислоты на бинарном V–Ti–O катализаторе на основе TiO₂-рутила составила 71,6 % при температуре 370 °С, а на катализаторе, приготовленном с использованием TiO₂ анатаза, достигла 95 % при температуре 300 °С. Использование анатаза в тройных V-Ti-Sn-O-катализаторах вызывает повышение каталитической активности систем. Отмечено, что при окислении 4-изомера селективность образования изоникотиновой кислоты на катализаторе, содержащем TiO₂-анатаз, также выше, чем на образце, приготовленном из TiO₂-рутила.

Основные преимущества этих катализаторов: 1 - простая, надежная и недорогая технология их приготовления; 2 - высокая активность в окислении метилпиридинов; 3 – достаточно высокая избирательность процесса. Полученные катализаторы обеспечивают высокий выход целевых продуктов при более высоком уровне конверсии исходных веществ и проведение реакции при более низкой температуре, что приводит к снижению энергетических затрат и, как следствие, к более низкой себестоимости целевых продуктов.

Таким образом, полученные каталитические системы характеризуются высокой активностью и являются перспективными для создания промышленного катализатора.

Литература

1. Mori K., Miyamoto A., Murakami Y. Promoting effect of TiO_2 (anatase) support on the activity of V_2O_5 for the oxidation of ethylene // *Ztschr. Phys. Chem.* - 1982. - Bd. 131. - S. 251–254.
2. Gasior M., Gasior I., Grzybowska B. o-Xylene oxidation on the V_2O_5 - TiO_2 oxide system. I. Dependence of catalytic properties on the modification of TiO_2 // *Appl. Catalysis.* - 1984. - V. 10. - № 2. - P. 87–100.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ИМИДИЗАЦИИ ПОЛИИМИДОВ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Автухова С.С., Черепко Д.Н., Крутько Э.Т. д.т.н., проф.

Белорусский государственный технологический университет,

Одним из современных направлений развития технологии полимеров является создание нового поколения полимерных материалов с заданными функциональными свойствами, перспективных для наукоемких технологий, в том числе, используемых в технологии микроэлектроники в республике Беларусь (НПО «Интеграл», НИИ радиоматериалов, ОАО «БЕЛОМО» и др.). В наиболее полной мере требованиям новых технологий отвечают полиимиды, обладающие уникальным комплексом свойств. Механические, электрофизические и термические свойства полиимидных материалов во многом определяются глубиной завершения процесса превращения полиамидокислоты (продукта первой стадии синтеза) в полиимид. Циклодегидратацию (имидизацию) форполимера проводят различными методами: химическим, термическим или сочетанием термического метода с химическим. Метод термической твердофазной имидизации полиамидокислот удобен для получения бездефектных тонких пленок. Их отливают из растворов полиамидокислот на подложки из стекла, металла, ситалла, арсенида галлия, кремния и других материалов методом центрифугирования при высоких скоростях в зависимости от необходимой толщины формируемого слоя покрытия. Высушивают для удаления растворителя. Затем постепенно при постоянной скорости подъема температуры нагревают в вакууме или инертной среде до 300- 350° С и выше в зависимости от химического строения элементарного звена форполимера (полиамидокислоты).

В данной работе, целью которой являлось количественное определение степени имидизации полиимидных пленок, использовали метод газожидкостной хроматографии. Изучение процесса термической циклизации полиамидокислот осуществляли в изотермическом режиме на хроматографе с детектором по теплопроводности (колонки термостатировали при 127° С, температура катарометра 206°С). Навеску пленки полиамидокислоты толщиной 1-2 мкм в кварцевой лодочке помещали в специально сконструированный реактор, представляющий собой кварцевую трубку диаметром 10 мм и длиной 200 мм с двумя температурными зонами. В первой необогреваемой зоне образец находился во время удаления воздуха из системы и выхода прибора на заданный режим. Во второй реакционной зоне, равномерно обогреваемой по всей длине, проводили процесс циклизации при температурах от 130 до 300° С в течение заданного времени. После окончания опыта лодочку с образцом удаляли из зоны реакции. Выделившиеся продукты реакции уносились непрерывным потоком газа-носителя (тщательно очищенного и осушенного азота) из зоны реакции и конденсировались в ловушке, охлаждаемой жидким азотом. Затем ловушку нагревали до температуры 200° С в течение 30 сек. Сконденсировавшиеся в ней продукты реакции с потоком газа-носителя поступали на разделительную колонку длиной 1 м и внутренним диаметром 4 мм, заполненную сорбентом. На поверхность сорбента наносили жидкую фазу в количестве

15 мас.%. По количеству выделившейся воды, определяемой по площади пиков, с помощью абсолютной калибровки в зависимости от времени строили кинетические кривые. Погрешность газохроматографических определений составляла 3%, а при определении констант скоростей циклизации не превышала 5%. На основе кинетических исследований с помощью метода газожидкостной хроматографии, получены пленочные материалы изполиимидов циклоалифатической структуры с повышенными эксплуатационными характеристиками.

СУЛЬФОПОХІДНІ 4-МОРФОЛІНОНАФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ – БАРВНИКИ ДЛЯ ПОЛІАМІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Дістанов В.Б., к.х.н.,с.н.с., Бондарев В.В., Васильева В.О., Дзьобань Т.В, Мироненко Л.С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

З великої кількості відомих в даний час органічних речовин, які мають люмінесцентні властивості, відносно невелика їх кількість знаходить практичне застосування. Це в значній мірі пов'язане з тим, що наряду з необхідними оптичними характеристиками та іншими властивостями, які обумовлюють можливість їх використання, вони повинні бути доступними в синтетичному відношенні.

Одною з важливих і перспективних груп люмінофорів, які широко використовуються в різних областях науки і техніки являються похідні нафталенової кислоти [1-5].

Ця дикарбонова кислота і її похідні можуть бути відносно легко отримані з аценафтену, який міститься в важкій фракції кам'яно-вугільної смоли, з якої легко виділяється в достатньо чистому вигляді.

Нафталевий ангідрид під дією УФ випромінювання слабо світиться в вуглеводневих розчинниках. Інтенсивність світіння в більшості випадків різко збільшується при введенні в нафталінове ядро електронодонорних замісників, спряжених з ангідридним угрупованням, яке має сильні електроноакцепторні властивості.

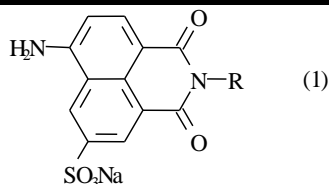
Однак для ряду застосувань заміщенні нафталенового ангідриду як люмінофори мають суттєвий недолік. Вони дуже чутливі до дії лужних реагентів. Тому ангідриди використовують, головним чином, при отриманні люмінофорів більш складної будови, або як люмінофори з активними групами, які вступають в взаємодію з субстратом, на який вони наносяться.

Введення в молекулу нафталенового ангідриду або його похідних діалкіламіногрупи, в першу чергу залишків морфоліну, піперидину і деяких інших, дозволяє суттєво збільшити стійкість до дії УФ-світла.

Такі похідні мають інтенсивну люмінесценцію в жовто-зеленій ділянці спектру, високу розчинність в різному органічному середовищі. Введення в молекулу нафталіміду активних груп дозволяє використовувати їх для структурного забарвлення частини полімерних матеріалів.

Використання люмінофорів для ряду застосувань (медико-біологічні дослідження, люмінесцентне забарвлення полікапроамідних і вовняних матеріалів тощо) обумовлено присутністю в їх молекулах сульфогрупи.

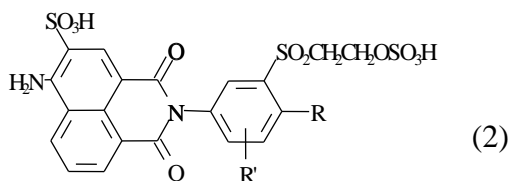
Вперше подібний барвник – сульфофлавін яскравий – синтезований Еккертом в 1929 році. Отримані забарвлення вирізняються виключно чистим жовтим кольором і інтенсивно флуоресціюють при опромінюванні УФ-світлом. Запатентовано декілька сполук загальної формули (1), які представляють собою яскраві жовті барвники для вовни і шовку з достатньо високою стійкістю до дії світла.



де R= H, алкіл, арил, циклоалкіл

В даний час випускається декілька сульфопохідних нафталіміду, які застосовуються в якості барвників, наприклад, Brilliant Sulphaflavine и FIAT Brilliant Sulphaflavine FF.

До сульфопохідних нафталенової кислоти відносяться і люмінесцентні барвники з активними угрупованнями (2) для забарвлення бавовняних, лляних, віскозних та інших волокон.



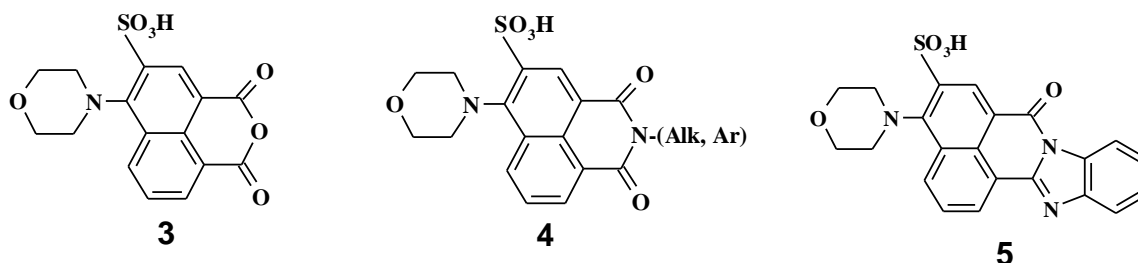
де R = Alk, OAlk; R' = H, Alk, OAlk

Метою даної роботи є синтез похідних нафталіміду з інтенсивною люмінесценцією, високою стійкістю до дії світла та мокрих обробок забарвлених поліамідних і білкових матеріалів.

Як було сказано вище, введення в положення 4 нафталінового фрагменту заміщеної діалкіламіногрупи призводить до зміни фізико-хімічних і спектрально-люмінесцентних характеристик (підвищується розчинність в різному органічному середовищі, збільшується інтенсивність люмінесценції і стійкість до дії світла, підвищується стійкість до мокрих обробок тощо) органічних люмінофорів на основі нафталенового ангідриду. А це, в свою чергу, суттєво розширює галузі їх використання.

Нами синтезований ряд похідних 4-морфолінонафталенової кислоти, котрі можуть бути використані для забарвлення поліамідних волокон, які містять додатково в нафталіновому ядрі сульфогрупу (3-5), яка додає розчинність цим барвникам в водному середовищі.

Такі сполуки дають можливість отримання яскравих забарвлень з високим ступенем стійкості до мокрих обробок (4/4 – 4/5 балів по п'ятибальній шкалі на полікапроамідних волокнах).



Розчинність в водному середовищі і можливість утворення хімічних зв'язків між сульфогрупою люмінофору з аміногрупами поліамідних матеріалів передбачає використання сполук 3-5 в якості ефективних люмінесцентних барвників.

Література.

1. А. с. 1054367 СССР. МКИ С 08 G 63/68; С 09 К 9/02. Способ получения флуоресцентных окрашенных полиэфиров / Б.М.Красовицкий, Э.А.Шевченко, В.Б.Дистанов и др. Заявл. 12.03/82, Опубл. 15/11/83, Бюл. № 42.

2. А. с. 1174448 СССР. МКИ С 09 В 57/12; С 09 К 11/02. Способ получения дневных флуоресцентных пигментов / Д.Г.Переяслова, Г.В.Таций, Э.А.Шевченко, В.Б.Дистанов и др. Заявл. 26.12.83; Оpubл. 23.08.85, Бюл. № 31.
3. Пат. 2017878 РФ. МКИ G 01 Т 1/202. Способ получения флуоресцентного окрашенного волокна / В.Б.Дистанов, З.Д.Тульгук, Л.В.Уханкина и др. Заявл. 02.07.91; Оpubл. 30.07.94, Бюл. № 14.
4. Пат. 2010900 РФ. МКИ 5 D 06 P 3/42; D 06 P 3/48. Способ получения флуоресцентного окрашенного волокна / В.Б.Дистанов, З.Д.Тульгук, Л.В.Уханкина и др. Заявл. 26.06.91; Оpubл. 15.04.94, Бюл. № 7.
5. Distanov V.B., Berdanova V.F. etc. An alternative approach to the production of fluorescent colored fibres // *Dyes and Pigments*. – 2001. – Vol. 48. – P. 159-163.

ОДЕРЖАННЯ n-БУТИЛОВИХ ЕСТРІВ ВИЩИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ПРИСУТНОСТІ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ

Старчевський Р.О., Оржеховська О.Е.,
Мельник Ю.Р., к.т.н., доцент, Мельник С.Р., д.т.н., професор
Національний університет «Львівська політехніка»

Сьогодні основним способом одержання естерів вищих жирних кислот є трансестерифікація тригліцеридів жирової сировини нижчими аліфатичними спиртами. Як каталізатори трансестерифікації найчастіше використовують гомогенні основні каталізатори. Однак, вказані каталізатори накладають ряд обмежень на якість сировини, насамперед, щодо вмісту в сировині вільних жирних кислот та води, присутність яких призводить до утворення мила і сапоніфікації реакційної системи, що ускладнює розділення продуктів реакції [1]. Усунути недоліки, гомогенного каталізу в процесі трансестерифікації можна використанням гетерогенних каталізаторів. Основними їх перевагами є простота відділення каталізатора від продуктів реакції, можливість багаторазового використання каталізатора, відсутність потреби в нейтралізації каталізатора, відсутність продуктів омилення, зменшення кількості відходів та стоків [1].

Метою даної роботи є дослідження трансестерифікації тригліцеридів соняшникової олії бутан-1-олом у присутності оксидів металів, визначення кращого каталізатора, встановлення оптимальних умов трансестерифікації тригліцеридів соняшникової олії бутан-1-олом та дослідження впливу ультразвукових хвиль на конверсію тригліцеридів.

Трансестерифікацію тригліцеридів соняшникової олії здійснювали бутан-1-олом при температурі 363–388 К. Як каталізатори трансестерифікації застосовували оксиди d-металів – FeO, NiO, ZnO, CuO, Co₂O₃ та Co₃O₄. Вміст каталізатора в реакційній суміші становив 0,125–0,500 мас. %. Мольне співвідношення тригліцериди : бутан-1-ол змінювали в межах 1 : (10–20).

З реакційної суміші періодично відбирали проби, у яких, в яких хроматографічно визначали вміст бутан-1-олу. За визначеним вмістом бутан-1-олу розраховували кількість проореагованих тригліцеридів та їхню конверсію [2].

Встановлено, що вид каталізатора істотно впливає на конверсію тригліцеридів при їх трансестерифікації бутан-1-олом, а найвищу активність виявляють оксиди цинку та нікелю – 83,8 % та 81,5 % відповідно. Дослідження впливу ультразвукових хвиль на перебіг трансестерифікації олії n-бутанолом за вказаних умов показало, що в присутності ZnO, NiO, CuO, Co₂O₃ та Co₃O₄ застосування ультразвуку викликає незначну зміну кінцевої конверсії тригліцеридів – 0,8–3,3 %. Лише в присутності FeO дія ультразвуку дозволяє істотно підвищити конверсію тригліцеридів (на 16,1 %).

Встановлено, що збільшення мольного співвідношення тригліцериди : бутан-1-ол до 1 : 15 дозволяє досягнути практично повної конверсії тригліцеридів у присутності

оксидів цинку та нікелю. Разом з тим, за таких умов майже повністю нівелюється вплив ультразвукових хвиль при використанні як каталізатора оксиду заліза.

Отже, застосування оксидів d-металів в процесі трансестерифікації тригліцеридів соняшникової олії n-бутанолом є хорошою альтернативою використанню гомогенних основних каталізаторів і дає змогу забезпечити високу конверсію процесу.

Література

1. Schuchardt U. Transesterification of vegetable oils: a review / U. Schuchardt, R. Sercheli, R. M. Vargas // J. Braz. Chem. Soc. – 1998. – № 1(9). – P. 199–210.
2. Melnyk Yu., Melnyk S., Palyukh Z., Dzinyak B. Research into transesterification of triglycerides by aliphatic alcohols C₂-C₄ in the presence of ionites // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol.1, №6. – P.10-16.

ИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ-ОСНОВА СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

Автухова С.С., Крутько Э.Т., д.т.н., проф.

Белорусский государственный технологический университет,

Полимеризация гетероциклических соединений протекает как типичный полимеризационный процесс и может быть осуществлена в виде ступенчатой полимеризации или как цепной процесс (ионная полимеризация). Полимеризация различных циклических соединений с использованием этих способов приобретает все большее значение как наиболее удобный и эффективный метод синтеза ряда высокомолекулярных соединений. Примером широкого использования этих реакций является промышленное производство таких крупнотоннажных пластиков и эластомеров, как полиамиды, простые и сложные полиэферы, полисульфиды, полисилоксаны и др. Способ гидролитической полимеризации широко реализован в промышленных условиях (98% ПА-6 получают методом гидролитической полимеризации, и лишь остальные 2 % полимера синтезируют с помощью ионной полимеризации). Так, гидролитической полимеризацией по периодическим и непрерывным схемам на предприятии ОАО “ГродноАзот” получают крупнотоннажный полимер полиамид-6. Недостатком этого способа является необходимость ведения процесса при высоких температурах (220-250°C), длительность процесса (до 10-12 часов) и неполная конверсия мономера (88-90%) [1]. Этим недостаткам удастся избежать при использовании ионной полимеризации [2].

Ионная полимеризация имеет ряд особенностей, отличающих её от других видов полимеризации. Первая особенность: для иницирования процесса ионной полимеризации используют не инициатор, а катализатор, который не входит в состав полимера и в конце полимеризации выделяется из системы, в отличие от инициатора, входящего в состав полимера. Вторая особенность: энергия активации ионной полимеризации ниже, чем при радикальной полимеризации. Благодаря этому процесс можно проводить при обычных и минусовых температурах. Третья особенность: ионная полимеризация, в отличие от радикальной, чувствительна к природе растворителя. Четвёртая особенность: обрыв цепи не может происходить при встрече двух “живых” цепей, т.к. они имеют одинаковый заряд. Обрыв цепи происходит при взаимодействии с другими частицами, например, с катализатором, растворителем, специальными добавками. Обрыв цепи часто затруднён и не происходит вообще. Пятая особенность: процессы ионной полимеризации способствуют получению стереорегулярных полимеров в значительно большей степени, чем при радикальной полимеризации. Отдельные процессы позволяют получить полностью стереорегулярные полимеры, которые являются особо ценными из-за лучших эксплуатационных свойств. Шестая особенность: круг используемых при ионной полимеризации мономеров шире, чем при радикальной. По ионному механизму полимеризуются не только виниловые и диеновые мономеры, но и многие циклические [3].

Рассмотрим анионную полимеризацию, как наиболее перспективный вариант развития для создания новых полимеров в Беларуси. Анионная полимеризация включает процессы, которые инициируются соединениями щелочных и щелочноземельных металлов. К анионной полимеризации способны большинство известных мономеров, имеющих связи $C=C$, $C=O$, $C=N$: карбонильные соединения, альфа-оксиды, тиооксиды, лактоны, лактаны, силоксаны.

Так, в случае анионной полимеризации ПА-6, когда реакция катализируется анионами, возникающими в результате воздействия на мономер анионно-координационными каталитическими системами, щелочными металлами, их гидроокисями или карбонатами процесс характеризуется сравнительно медленной стадией инициирования путем нуклеофильной атаки аниона на электрофильный атом углерода карбонильной группы ПА-6. Рост цепи (собственно цепная полимеризация) протекает значительно быстрее, чем инициирование, вследствие активирующего действия ацильного остатка. При использовании добавок некоторых ацильных производных ϵ -капролактама (например, N-ацетил- ϵ -капролактама) эта реакция существенно ускоряется. При этом исчезает индукционный период, обусловленный медленным процессом инициирования, а скорость реакции возрастает более чем на порядок [2]. Достоинством такой активированной полимеризации является практически полная конверсия мономера (около 99 %) при 160-180° С. При этом время реакции сокращается до 1,0-1,5 часов. Таким образом метод анионной полимеризации позволяет реализовать непрерывный процесс для получения готовых изделий в одну стадию и даёт возможность одностадийного изготовления массивных изделий сложной формы [4]. Высокая скорость процесса в сочетании с ценными механическими свойствами полиамида обуславливает применение его в технологиях реакционного инъекционного формования (RIM) и центробежного литья.

Реализация анионной полимеризации в сочетании с реакционной экструзией является очень перспективной и для создания нанокompозитов. Композиционные материалы на основе ПА-6 представляют большой интерес в современном материаловедении, благодаря возможности увеличения механических, термических и барьерных свойств по сравнению с исходными материалами [4,5].

Учитывая высокую эффективность активированной анионной полимеризации ПА-6 с точки зрения энерго- и ресурсосбережения представляется важным выявление такого рода эффектов в случае анионной гомо- и сополимеризации. Особый практический интерес представляет разработка эффективных способов полимеризации лактонов, продукты (со)полимеризации которых, благодаря комплексу специфических свойств (биосовместимости, способности к биоразрушению под действием почвенных микроорганизмов), находят широкое применение как в технике, так и в медицине в производстве волокон, упаковочных пленочных материалов и в хирургической практике в качестве шовного материала и материала, способствующего срастанию костных тканей.

Процесс получения композитов методом анионной полимеризации практически не применяется в промышленности, хотя он является наиболее перспективным для получения нанокompозиционных материалов на основе ПА-6, производимого в Республике Беларусь на предприятии ОАО "ГродноАзот", что позволит существенно увеличить ассортимент выпускаемой продукции и усилить позиции на мировом рынке.

Литература

1. Оллок, Г.Г. Гетероциклические соединения и полимеры на их основе/ Г.Г.Оллок. – М.: Мир, 1970. – 420с.
2. Архиреев, В.П. Ионная полимеризация кислородсодержащих гетероциклических соединений: монографии / В.П.Архиреев [и др.]. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. – 188с.

3. Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р. // Теоретические основы технологии производства органических веществ, Минск, БГТУ. – 2007., С.142 – 148.
4. Kojima Y., Usuki A., Kawasumi M., Okada A., Fukushima Y., Kurauchi T., Kamigaito O., Mechanical properties of nylon 6 – clay hybrid, J. Mater Res. 1993;8:1185-9.
5. Kojima Y., Usuki A., Kawasumi M., Okada A., Kurauchi T., Kamigaito O., Sorption of water in nylon 6 – clay hybrid, J. Appl. Polim. Sci. 1993;49:1259-64.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ВИПАРОВУВАНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ

Бойченко С.В., Ланецький В.Г., Матвеева І.В.,

Національний авіаційний університет

Целіщев О.Б., Кудрявцев С.О., Лорія М.Г.

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

Конкурентна боротьба серед автовиробників призводить до постійного вдосконалення двигунів внутрішнього згорання: збільшення потужності, зменшення споживання пального, покращення екологічних показників транспорту тощо. Це своєю чергою ставить нові завдання перед виробниками автомобільних палив, в тому числі і бензинів. Сучасні автомобільні бензини являють собою суміш вуглеводнів різних класів. В Україні якісний склад бензину відповідно до стандарту ЄВРО-5 встановлюється ДСТУ 7687:2015. Відповідно до цього стандарту бензини можуть містити до 3% спиртів, наприклад, метанолу або етанолу та до 15% етерів, що можуть бути отримані з цих спиртів. В світі успішно експлуатується транспорт на бензино-спиртових сумішах в різних концентраціях: М15, М50, М85, що містять 15%, 50%, 85% спирту відповідно. Лідерами в використанні таких бензино-спиртових сумішей є США, країни Латинської Америки, Китай. Перелік країн, де використовують бензино-спиртові суміші з кожним роком зростає. [1]

Введення до складу бензину оксигенатів збільшує повноту згорання палива та покращує екологічні показники техніки. Однак при введенні до бензину спиртів виникають і складності. По-перше це можливість розшарування суміші. Для подолання цього ефекту в роботі запропоновано використати кавітацію.

Проведені нами попередні аналітичний огляд та експериментальні дослідження, підтвердили позитивний вплив використання кавітації на утворення стабільної бензино-спиртової суміші та на її фізико-хімічні та експлуатаційні властивості [4] і, зокрема, на випаровуваність [5].

Метою роботи є визначення впливу кавітації на випаровуваність отриманої бензино-спиртової суміші та на зміну в якісному складі неокисненої частини бензину.

Предмет дослідження – бензин марки А-92, А-92 з додавання 5, 10 та 20% етанолу.

Об'єкт дослідження – показники якості палива, а саме випаровуваність та хімічний склад неокисненої частини палив.

Випаровуваність є одним із основних експлуатаційних показників сучасних бензинів. Випаровуваність визначає пускові властивості палива за різних умов, а також швидкість утворення робочої горючої суміші у камері згорання та відповідає за повноту згорання бензинів [2]. З іншої сторони, вимоги до величини даного показника обмежуються необхідністю забезпечення відповідної фізичної стабільності палива під час зберігання, транспортування та виконання технологічних операцій бензином. Відповідно до вимог сучасних нормативних документів, що регламентують якість автомобільних бензинів, зокрема EN 228, у залежності від випаровуваності, передбачається десять класів бензинів: для літнього – А, В; для зимового – С, D, E, F; для перехідного періоду – C1, D1, E1, F1 [2]. Випаровуваність автомобільного бензину може виражатися через тиск насиченої пари бензину, індекс парової пробки та фракційний склад палива.

Це є важливим фактором, враховуючи високу схильність бензино-спиртових сумішей до розшарування.

Отримані результати дали можливість встановити, що додавання для зразків палив з біокомпонентом (етиловим спиртом) у кількостях 5% та 10% спостерігається зниження тиску насиченої пари при підготовці сумішей за допомогою кавітаційного змішування. А для зразка палива з вмістом етанолу у кількості 20% спостерігається значне підвищення тиску насиченої пари. Це можемо пояснити зміною кількості вмісту летких фракцій у досліджуваних зразках при їх компаундуванні кавітаційним способом, у порівнянні з механічним способом приготування сумішей.

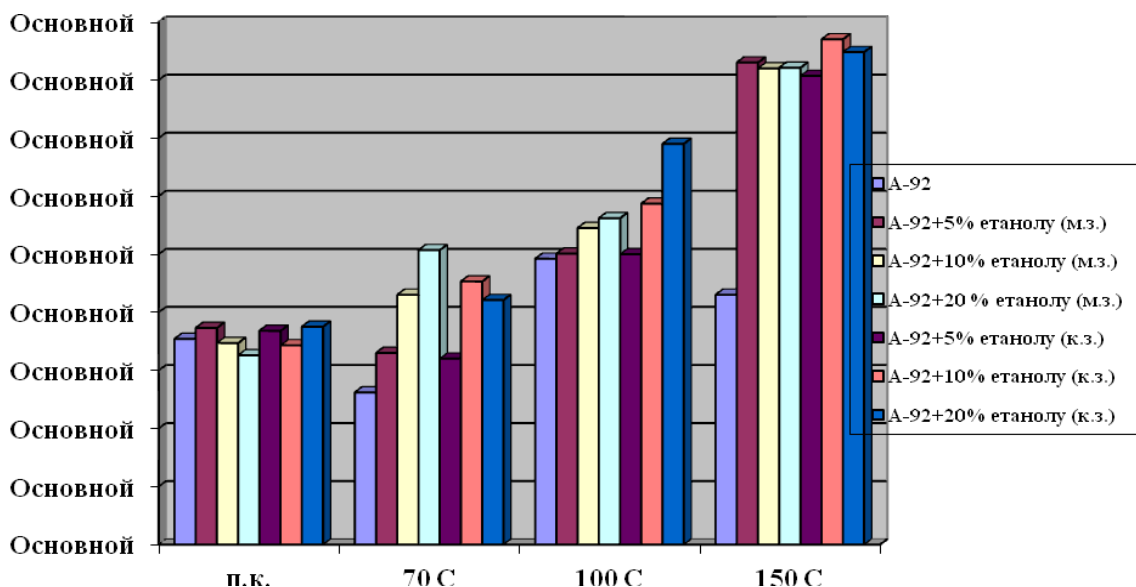


Рис. 1. Порівняльна характеристика випаровуваності автомобільного бензину марки А-92 з різним вмістом етанолу (компаундованого різними способами)

У результаті аналізу результатів експериментальних досліджень впливу способу компаундування автомобільного бензину з етанолом на його випаровуваність (рис. 1) можемо зробити висновок, про зміну випаровуваності бензину при обробці гідродинамічною кавітацією. Встановлено, що у залежності від вмісту біокомпоненту у складі бензину спостерігається як підвищення, так і зниження випаровуваності. Аналізуючи порівняльну характеристику випаровуваності досліджених зразків палива, встановлено, що необхідну випаровуваність, з точки зору забезпечення експлуатаційної надійності роботи техніки, має бензин, компаундований гідродинамічною кавітацією, з вмістом біокомпоненту до 10%.

Список використаної літератури

1. Емельянов В.Е. Все о топливе. Автомобильный бензин: свойства, ассортимент, применение / Емельянов. – М.: ООО «Изд-во Астрель»: ООО «Изд-во АСТ», 2003. – 79 с.
2. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навчальний посібник / уклад.: С.В. Бойченко, Л.М.Черняк, В.Ф. Новікова, Й.А. Любінін, О.В. Полякова, М.В. Курбатова – К.: НАУ, 2011. – 316 с.
3. Бойченко С.В., Черняк Л.М., Любінін Й.А., Топільницький П.І., Шевченко О.Б., Трофімов І.Л., Павлюх Л.І. Хімотологія та інженерне забезпечення використання газу і паливно-мастильних матеріалів / навч. пос. – К.: НАУ, 2014. – 276 с.
4. Бойченко С.В. Вплив добавок аліфатичних спиртів на властивості бензинів: аналітичний огляд / С.В. Бойченко, М.С. Бойченко, О.Г. Личманенко, С.М. Кабан // Наукоємні технології. - №1(25), 2015. – 86-92.

5. Черняк Л.М. Порівняльна характеристика випаровуваності бензинів з різним вмістом оксигенатів / Л.М. Черняк, С.В. Бойченко, М.С. Нешта М.В. // Наукоємні технології. - №4(24), 2014. – 526-531.

ВІДПРАЦЬОВАНІ АВТОМОБІЛЬНІ ШИНИ, ЯК НАПОВНЮВАЧ ДО ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Григоров А.Б., доцент кафедри ТПНГ та ТП, к.т.н., доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Пластичні мастила відносяться до змащувальних матеріалів, експлуатація яких здійснюється у специфічних умовах (високі швидкості обертання механізмів та навантаження), що неодмінно зумовлюють їхній склад та структуру від якої, залежать їх властивості. У загальному вигляді будь-яке пластичне мастило складається з базової оливи, загущувача, присадок та наповнювачів, концентрація яких у пластичних мастилах може досягати 20%(мас.). Наповнювачами виступають не розчинні у базовій оливі високодисперсні матеріали, які, з одного боку, значно підвищують експлуатаційні властивості пластичних мастил, з іншого – знижують витрату загущувача, необхідного для утворення певної структури. Зазвичай у сучасній технічній літературі багато уваги приділяється тим наповнювачам, що підвищують антифрикційні та герметизуючі властивості, такі, як графіт, сажа, дисульфід молібдену, азбест, слюда, тальк та порошки м'яких металів (свинцю, цинку та міді) [1]. Однак зовсім мало інформації про наповнювачі до пластичних мастил, які можуть поліпшувати інші важливі властивості пластичних мастил, наприклад стабільність при зберіганні та підвищувати температуру краплепадіння, від яких залежить надійна експлуатація вузла та механізму у цілому. Отже, враховуючи це запропонуємо використовувати, як наповнювач до пластичних мастил, промислові відходи, які будуть зменшувати їх собівартість та частково допоможуть вирішити екологічну проблему накопичення шкідливих відходів в Україні.

З численних промислових видів відходів, які щорічно накопичуються у значній кількості на полігонах та сміттєзвалищах України, для проведення дослідження були вибрані відпрацьовані автомобільні шини. Сьогодні однією з екологічно безпечних технологій переробки відпрацьованих автомобільних шин вважається технологія піролізу, яка дозволяє отримати рідку вуглеводневу фракцію, коксовий залишок та метал [2]. Однак, існуючі установки піролізу не в змозі переробити ту кількість відпрацьованих автомобільних шин, яка щорічно утворюється в нашій країні. Тому, можна запропонувати досить перспективний шлях застосування цих відходів – використання їх у якості наповнювачу до пластичних мастил для поліпшення їх властивостей. Для цього автомобільні шини були підвергнуті подрібненню до розміру часток 10 мкм з подальшим додаванням до прогрітого до температури 150 °С мастила з подальшим перемішуванням мішалкою на протязі 30 хвилин. Після цього, мастило охолоджувалося та підвергалося лабораторному дослідженню, що включало в себе визначення температури краплепадіння, колоїдної стабільності та випаровуваності мастила. Лабораторні дослідження показали, що при додаванні у різні пластичні мастила 20% подрібненої автомобільної шини температура краплепадіння збільшилася у середньому на 50-80°C, величина колоїдної стабільності зменшується на 2,2-4,4%(мас.) та випаровуваність зменшується на 0,2-0,25%(мас.).

Зважаючи на отриманні результати можна відмітити, що додаванні у різні пластичні мастила 20% подрібненої автомобільної шини значно розширює температурні межі застосування пластичного мастила, поліпшує його стабільність при зберіганні в тарі, або вузлі де воно використовується та зменшує показник випаровуваності у тонкому шарі.

Література

1. Манг Т. Смазки. Производство, применение, свойства: справочник / Т. Манг. СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. - 944 с.

2. Клімішина М.Т. Стан та перспективи розвитку технологій переробки шин та їх вплив на довкілля / М.Т. Клімішина //Технологический аудит и резервы производства - № 6/2(32), 2016. – С. 57-63.

ГАЗОРІДИННИЙ РЕАКТОР ДЛЯ ПРОЦЕСІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГОМОГЕННИХ МЕТАЛОКОМПЛЕКСНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ

Кохан І.В. AMIChemE

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

В промисловості основного органічного синтезу існує велика кількість процесів, в яких використовуються газорідні реактори. Зокрема цей тип реакторів використовується у процесах із застосуванням гомогенних металокомплексних каталізаторів. В цих процесах, частіше за все металокомплексний каталізатор є розчиненим у розчиннику й знаходиться у рідкій фазі. В той же час реагенти перебувають в газовій фазі й барботують скрізь розчин каталізатору. В результаті процесу утворюються продукти реакції, що перебувають у рідкій фазі.

Серед зазначеного вище типу процесів, в яких застосовуються гомогенні металокомплексні каталізатори, можна виокремити процес гідроформілювання, також відомий як оксосинтез або оксопроцес це індустріальний процес що застосовується для отримання альдегідів з алкенів. Цей процес було розроблено німецьким хіміком Отто Роеленом у 1938 році (Ruhchemie), який відкрив реакцію, на якій заснований оксопроцес під час виконання досліджень процесу Фішера-Тропша. Відкрита Роеленом хімічна реакція оксосинтезу являє собою додавання формільної групи (CHO) й атома водню до вуглець-вуглецевого подвійного зв'язку. З моменту винаходу, спостерігається постійне зростання обсягів виробництва з використанням цього процесу. Гідроформілювання (або оксосинтез) є настільки важливим тому, що альдегіди є найважливішими проміжними продуктами основного органічного синтезу й мають високу реакційну здатність, що дозволяє легко перетворювати їх в багато інших вторинних продуктів. Наприклад, отримані альдегіди гідруються до спиртів, а останні, в свою чергу, перетворюють у пластифікатори або ПАР. Так само велике значення гідроформілювання має й в тонкому органічному синтезі, де альдегіди й кетони є проміжними продуктами для виробництва різних запашних речовин та лікарських препаратів.

При гідроформілюванні алкени реагують з монооксидом вуглецю й воднем, які у співвідношенні 1:1 утворюють синтез-газ потрібної стехіометрії. Сучасні процеси, що розроблені провідними хімічними корпораціями дозволяють проводити гідроформілювання під тиском від 1,8 до 2 МПа та при температурі в межах від 80 до 120°C.

У зв'язку із тим, що темою моєї дисертаційної роботи є розробка фосфоровмісних лігандів й дослідження в галузі гомогенного металокомплексного каталізу, виникла нагальна необхідність в проектуванні, розробці й виготовленні реакційного вузла, а саме газорідного реактору для дослідження процесів в яких застосовуються зазначені каталізатори, що й було мною виконано.

Оскільки процес гідроформілювання є достатньо поширеним у промисловості основного органічного синтезу, він був обраний як основний модельний процес. Однак розроблений реактор може забезпечити різні способи підведення реагентів із газової фази в рідку та його переналаштування не є складним, а отже він може застосовуватись й для дослідження інших процесів із застосуванням гомогенного металокомплексного каталізу.

Оскільки реакція гідроформілювання, як відомо, відбувається більшістю у рідкій фазі, швидкість реакції у газовій фазі значно менша. Тому необхідно забезпечити доставку реагентів із газової фази в рідку. Підведення реагентів можна забезпечити барботуванням газів скрізь рідину (розчинник й каталізатор). Крім того, іноді може

виникнути необхідність у додатковому малоінтенсивному перемішуванні реакційної маси, що може бути забезпечене додатковими налаштуваннями.

Іншим фактором, який є важливим під час проведення процесів із застосуванням гомогенних металокомплексних каталізаторів є теплотримання. Так наприклад тепловиділення під час проведення процесу гідроформілювання складає приблизно 30 ккал/моль. Розроблений реактор дозволяє проводити дослідження як за умов зовнішнього так й внутрішнього теплотримання, що дозволить підтримувати стабільною температуру реакційної маси.

Також, розроблений реактор має систему для забезпечення рециркуляції газів, що приймають участь у процесі. Зазвичай в реакторах гідроформілювання передбачається 4 - 5 разова рециркуляція, а також передбачена система відводу продуктів реакції, та система додавання нового (або поновленого) металокомплексного каталізатора, розчиненого у розчиннику.

Актуальність розробки зазначеного реактора пов'язана з тим, що відповідно до тематики моєї дисертаційної роботи, необхідно провести комплекс експериментальних досліджень, що стосуються застосування лігандів для металокомплексного каталізу. Тому вважаю, що розроблений реактор дозволить провести відповідні кінетичні дослідження.

Література:

1. Рачинский Ф.Ю. (ред.), Оксосинтез. Получение методом оксосинтеза альдегидов, спиртов и вторичных продуктов на их основе, Л., 1963.
2. Имянитов Н. С, "Хим. пром-сть", 1983, № 5, с. 19-22. А.Л.Лапидус.
3. Вейлас С., Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов, "Химия", М., 1967.

АНАЛИЗ СХЕМ УГЛУБЛЕНИЯ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

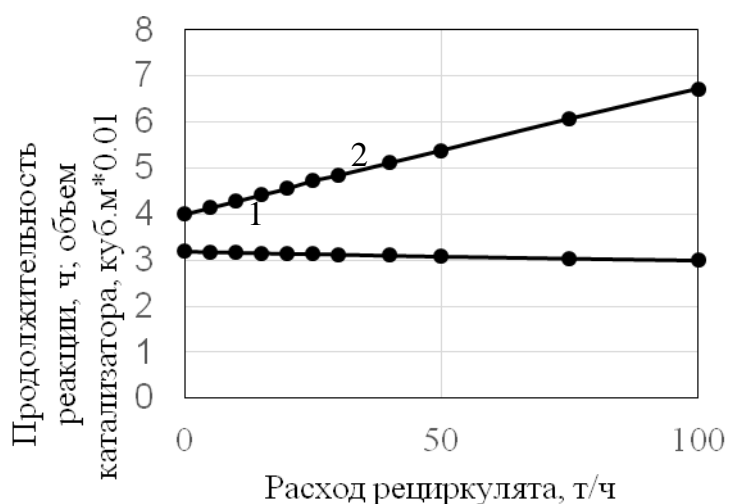
Самойлов Н.А. д.т.н.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Обеспечение глубокой гидроочистки дизельного топлива является одной из сложнейших проблем нефтепереработки, связанных с повышением качества продукции. За последние годы допустимое содержание серы в дизельном топливе, ранее составлявшая 2000 мг/кг, снизилось с 500 мг/кг (ГОСТ 305-2013) до 10 мг/кг (Евро-5); столь глубокая очистка топлива может быть обеспечена только за счет увеличения времени реакций гидродеобессеривания и объема катализатора в реакторе гидроочистки, или разработки более активных каталлизаторов.

Наиболее распространенная одnoreакторная реакционная система становится неудобной из-за большого объема реактора, поэтому более рационально использовать системы из двух реакторов, работающих последовательно или параллельно. Предложено также использовать систему с единичным реактором, в который вместе с сырьем подается часть гидроочищенного дизельного топлива из сепаратора, что должно сократить продолжительность реакции за счет снижения концентрации серы на входе в реактор.

Для сопоставления различных реакторных систем гидроочистки выполнено математическое моделирование процесса гидродеобессеривания 250 м³/ч дизельного топлива с содержанием серы 6000 мг/кг, объемной скорости подачи сырья 2.0 ч⁻¹ и принятой эффективной константой скорости реакции гидродеобессеривания 2.0 ч⁻¹, что при постоянстве технологических параметров (температура, давление, расход водородсодержащего газа) позволяло корректно рассматривать достаточно сложный каталитический процесс гидроочистки как квазигомогенную реакцию первого порядка. Эффективность работы реакционной системы при обеспечении конечной концентрации серы в очищенном дизельном топливе от 500 до 10 мг/кг оценивалась по общему объему катализатора в реакционной системе, представленной единичным реактором, двумя параллельно работающими реакторами, двумя последовательно работающими реакторами и единичным реактором с подачей в него в качестве рецикла очищенной дизельной фракции после сепарации водородсодержащего газа.



Зависимость продолжительности реакции (1) и объема катализатора (2) от расхода рециркулянта при остаточной концентрации серы в дизельном топливе 10 мг/кг

Расчеты подтвердили (табл.), что объем катализатора и в единичном реакторе, и при параллельной и последовательной системе реакторов, необходимый для достижения заданной остаточной концентрации серы в дизельном топливе, одинаков и конфигурация схемы установки определяется лишь техническими ограничениями; подача рецикла очищенного дизельного топлива из сепаратора в реактор не рациональна, поскольку этот прием приводит к увеличению реакционного объема при прочих равных условиях (рис., табл.).

Моделирование различных реакционных систем гидроочистки дизельного топлива

Реакционная система	Расход рециркулянта, т/ч	Конечная концентрация серы, мг/кг	Продолжительность реакции, ч	Объем катализатора, м ³
Два последовательных или два параллельных реактора	0	2000	0.550	68.8
Два последовательных или два параллельных реактора	0	500	1.245	155.6
Два последовательных или два параллельных реактора	0	350	1.420	177.5
Два последовательных или два параллельных реактора	0	50	2.395	299.4
Два последовательных или два параллельных реактора	0	10	3.199	400.0
Реактор с рециркуляцией	10	500	1.220	164.7
Реактор с рециркуляцией	20	500	1.195	173.3
Реактор с рециркуляцией	30	500	1.175	182.1
Реактор с рециркуляцией	40	500	1.155	190.5
Реактор с рециркуляцией	50	500	1.130	197.7
Реактор с рециркуляцией	10	350	1.400	189.0
Реактор с рециркуляцией	20	350	1.375	199.4
Реактор с рециркуляцией	30	350	1.350	209.2
Реактор с рециркуляцией	40	350	1.330	219.4
Реактор с рециркуляцией	50	350	1.310	229.2
Реактор с рециркуляцией	10	50	2.370	319.9
Реактор с рециркуляцией	20	50	2.345	340.0
Реактор с рециркуляцией	30	50	2.325	360.4
Реактор с рециркуляцией	40	50	2.305	380.3
Реактор с рециркуляцией	50	50	2.285	399.8
Реактор с рециркуляцией	10	10	3.175	428.6
Реактор с рециркуляцией	20	10	3.149	456.7
Реактор с рециркуляцией	30	10	3.130	485.1
Реактор с рециркуляцией	40	10	3.105	512.3
Реактор с рециркуляцией	50	10	3.085	539.8

Действительно, уменьшение концентрации серы в потоке на входе в реактор уменьшается за счет смешения сырья и очищенного рециркулянта, несколько сокращая продолжительность реакции, но из-за постоянства объемной скорости подачи сырья 2.0 ч^{-1} объем катализатора увеличивается пропорционально объему реакционной смеси,

возрастающему из-за подачи рециркулята, по этой же причине не имеет смысла боковой ввод рециркулята в слой катализатора.

Снижение содержания серы в очищенном дизельном топливе с 500 до 10 мг/кг и, соответственно углубления гидроочистки с 91.66 до 99.83 % , требует увеличения объема катализатора в реакционной системе на 157 %.

UNDERSTANDING THE IMPACT OF CATALYTIC MASS CONTENT (Fe_2O_3) IN THE CATALYTIC COMBUSTION OF ISOPROPYL ALCOHOL USING AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY

Philips T.C, Postgraduate, Glikin M., Professor, Doctor of Technical Sciences, Kudryavtsev S., Associate Professor, PhD, Glikina I. Associate Professor.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

This work is a continuation of the research into catalytic combustion of isopropyl alcohol using Fe_2O_3 metal oxide catalyst under the conditions of aerosol nanocatalysis technology (AnC). The aim of this work: Determination of the influence of variations in catalytic mass content on the process of achieving complete combustion towards CO_2 and H_2O in the conditions of aerosol nanocatalysis technology with a vibrating bed reactor.

To accomplish the aim, the following tasks were set:

The catalytic mass content was varied in mass from 0.0001 gm, 0.0002gm, 0.0003gm, 0.0004gm and 0.0005gm, and this was introduced into the reactor, to conduct combustion reactions.

Before the setting up of the experiment, the catalytic component should be pre-adsorbed onto the surface of the dispersing material. The procedure is carried out as follows, for the experiment a certain amount of dispersing material (in laboratory experiments, a glass bead in the dimension range of diameter 1.0-1.2mm) which occupies 50% of the reactor volume. The dispersing material is loaded into a glass flask in an amount that is more than necessary. Catalyst powder was weighed on an analytical balance to the nearest 0.0001gm in an amount that was excess, and this exceeds the adsorption capacity of the dispersing material. This excess catalyst powder is introduced into the glass flask. The flask was covered and shook vigorously at room temperature for 10-15mins. The catalyst and the dispersing material are loaded into the vibrating reactor, after the shaking process, the reactor is operated at a vibration frequency to enable the total dispersion and heating of the catalyst on the dispersing material via the vibration of the reactor. Subsequently the catalytic system (catalyst + dispersing material) is unloaded into a flask and later into a sieve in order to separate the catalyst which was not adsorbed. The separated catalyst is weighed on an analytical balance. If there is a differentiation in mass between the initial amount of catalytic system before introduction into the reactor and after unloading from the reactor, a new measured catalyst is added to the catalytic system and then shook vigorously and later re-loaded into the reactor, which is allowed to vibrate on a non-definite MCA (mechanical chemical activation) frequency for 1 hour. This procedure is repeated until there is no change in mass from the unloaded catalytic component (dispersing material and catalyst) after heating in the reactor, in comparison with the previously weighed catalytic system (dispersing material and catalyst) after shaking in a flask.

Owing to the goal of this research, the catalytic mass content was varied in mass from 0.0001 gm, 0.0002gm, 0.0003gm, 0.0004gm and 0.0005gm. Each time the catalytic content was increased, the whole above procedure was repeated ; following that, is the introduction of the various masses of catalytic content in the form of 0.0002gm,0.0003gm,0.0004gm and 0.0005gm periodically (after satisfactorily conducting experiments on each individual catalytic mass content).

The figure reveals data as obtained from chromatography results, shows the % changes in the amount of gases obtained from combustion of isopropyl alcohol based on changes in mass of catalyst used in the reaction process. The temperature ($^{\circ}\text{C}$) and frequency (Hz) were held constant, as this enables us to understand the importance of alterations in catalyst mass. Several experiments were carried out, and the average results were compiled in order to interpolate the data used in constructing the graph below in figure 1. It can be concluded that with a mass of free catalyst at 0.0002gm and 0.0004 gm, the highest content of CO_2 in the oxidation products is observed. This

shows that although catalytic combustion reactions using technology of aerosol nanocatalysis is possible using a catalytic mass of 0.0001gm, better combustion reactions that lead to more production of CO₂, will require the catalytic component be increased, so as to maximize this reaction.

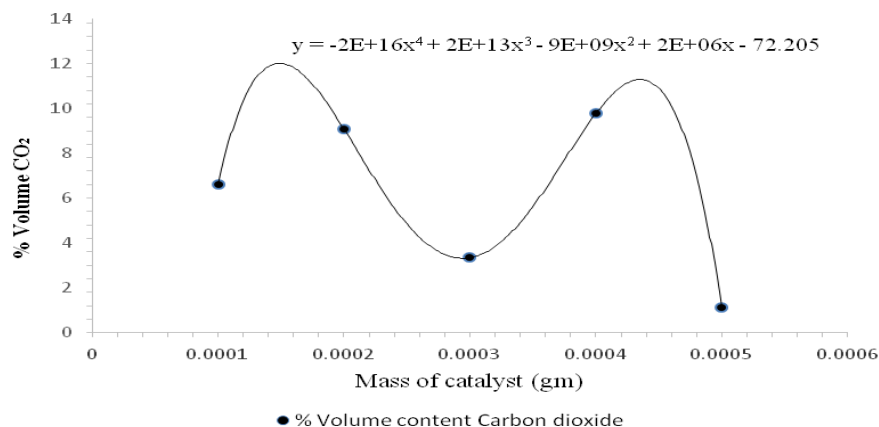


Figure 1 Changes in the %composition of CO₂ gas from changes in the amount of catalyst in the reaction zone.

CONCLUSIONS

1. Metal oxides in the form of Fe₂O₃ can be used in catalytic combustion reactions under the technology of aerosol nanocatalysis, this is a deviation from the normal practices currently used in the industries, which apply noble metal catalyst in the form of platinum (Pt), palladium (Pd) and Rhodium (Rd), the use of metal oxide as catalyst helps save cost of reactions.

2. The volume of catalyst applied in combustion reactions under the technology of aerosol nanocatalysis, is relatively small in comparison with conventional catalytic combustion reactions, under this technology, catalytic combustion can take place at relatively small amounts in the range of 0.0001gm-0.0005gm, this is possible due to the exclusion of catalytic supports, as a result the reactant and air have equal access to the surface of the catalyst, and thus reaction proceeds without any challenges.

3. In as much as, the volume of catalyst in the reaction zone does not need to be large, combustion under this technology, has shown that the amount of catalyst in the reaction zone has to be increased from the standard 0.0001gram, that is usually applied in this technology, as shown in the results above in figure 1, whereby the best catalytic combustion reactions were achieved at a catalytic concentration of 0.0002 gram and 0.0004gram. This further highlights the importance of catalytic saturation on the surface of the inert material, as when there is higher saturation of the catalyst, the % volume of CO₂ increases in the combustion gases product. This further backs the theory behind aerosol nanocatalysis; which is the presence of an exclusion of intra-diffusion stages of catalysis thereby an increase of activity of catalytic dust (when applied to the inert material).

REFERENCES

1 K.Alahmad Almou2016. Developing computer integrated control system for reactor of nanocatalytic petroleum products refining. ТЕКА. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture, 2(16):61-64.

СИНТЕЗ КАТІОНООБМІННИХ СМОЛ НА ОСНОВІ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ НАФТОПЕРЕРОБКИ

Субтельний Р.О., к.т.н., доцент, Орбчук О.М., к.т.н., Дзіняк Б.О., д.т.н., професор
Національний університет "Львівська політехніка"

Сильнокислотний катіоніт полімеризаційного типу КУ-2 у промисловості одержують шляхом полімераналогічних перетворень (сульфуванням) кополімерів стирену з п-дивінілбенzenом.

Запропоновано одержувати катіонообмінні смоли на основі суміші вуглеводнів С₉ побічних продуктів нафтопереробки.

При піролізі нафтопродуктів (бензин та дизельне паливо) за "етиленовим режимом" крім цільового газоподібного олефіну, утворюються близько 30-35 % рідких побічних продуктів піролізу. З них виділяють зокрема фракцію С9 з температурою кипіння 423...473 К.

Як сировину використовували фракція С9 рідких побічних продуктів піролізу дизельного палива. Бромне число – 68 г Br₂/100г; густина – 936 кг/м³; вміст ненасичених сполук 47,4%мас. Вміст сполук здатних вступати у ініційовану олігомеризацію за досліджуваних умов - 33,8 %мас. у т.ч. стирен - 16,5 %; вінілтолуєни - 6,1 %; інден 6,9 %; алілбензен – 1,3 %; метилінден – 1,0%; а метилстирен 2,0 %.

В результаті низькотемпературної (303-333 К) емульсійної олігомеризації вуглеводнів фракції С9 (дисперсна фаза), води (дисперсійне середовище) у присутності аніоноактивного емульгатора першого роду та водорозчинного ініціатора (персульфат калію) одержується вуглеводнева смола.

Дані спектроскопічних аналізів зразків олігомерів та хроматографічних аналізів дистилатів показують, що в реакцію олігомеризації вступають, стирен та його похідні. Вуглеводневі смоли містять у своєму складі, в основному ланки стирену – стиреновий (ко)олігомер. Такі вуглеводневі смоли характеризуються показником ненасиченості (бромним числом) 25-40 г Br₂/100 г, середньою молекулярною масою - молекулярна маса – 640-700, температурою розм'якшення – 346-365 К, кольором за йодометричною шкалою – 20-30 мг I₂/100 мл.

Розчин одержаного стиренового (ко)олігомеру у 1,2-дихлоретані сульфували при 353 К сульфатною кислотою. Одержану масу промивали водою, та 40 % розчином гідроксиду натрію, висушували у вакуум-сушильній шафі та подрібнювали. Для одержаних катіонітів олігомеризаційного типу визначали повну статичну обмінну ємність.

Для дослідження пом'якшення води одержаними кат іонообмінними смолами використовували - водопровідну (5,34 мг*екв/л) та мінералізовану (9,30 мг*екв/л) воду. Воду пом'якшували пропусканням її через шар катіоніту та опісля визначали загальну твердість отриманої води.

При пропусканні 20 мл води/мл катіоніту демінералізація було отримано воду із загальною твердістю 1,7 мг*екв/л (для водопровідної) та 3,11 мг*екв/л (для мінералізованої води). Для порівняння використовували промисловий катіоніт КУ-2-8 який дозволяє знизити твердість до 1,3 мг*екв/л (для водопровідної води) та 2,1 мг*екв/л (для мінералізованої води).

Для регенерації катіонообмінної смоли використовували водний розчини хлористого водню (10 %).

Запропоновані нами катіонітні смоли на основі стиренових (ко)олігомерів одержаних із побічних продуктів нафтохімічних виробництв можуть використовуватися у процесах водопідготовки.

ВИДАЛЕННЯ ПНОПОЛІСТИРОЛОВИХ МОДЕЛЕЙ З ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ СПОСОБОМ «ГАРЯЧОГО» РОЗЧИНЕННЯ

Максюта І. І. к.т.н., с.н.с., Нейма О. В. м.н.с., Михнян О. В. к.т.н., с.н.с.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

Виготовлення тонкостінних виливків відповідального призначення для деталей газотурбінних двигунів (ГТД) з жароміцних сплавів з рівновісною та орієнтованою структурою способом лиття за моделями, що витоплюються (ЛВМ) – трудомісткий процес, що відрізняється високим відсотком браку. Забезпечення високої надійності і ресурсу роботи таких виробів може здійснюватися вдосконаленням існуючих технологічних процесів. Наприклад, підвищення розмірної точності і чистоти поверхні деталей можна досягти при застосуванні способу лиття в комплексномодифіковані оболонкові керамічні форми з використанням моделей, що розчинюються, зі спіненого полістиролу (ППС).

Успішне використання ППС моделей базується на стабільно низькій усадці полістиролу. Наприклад, усадка ППС моделей щільністю 40 кг/м³ становить (0,67–0,80) %, в

порівнянні з (1,0–2,0) %, для модельної парафіно-стеаринової композиції, яка застосовується на вітчизняних підприємствах відповідно з технологічними регламентами при отриманні відповідальних деталей методом ЛВМ.

При отриманні виливків литтям за моделями, що розчинюються, одним з найважливіших показників є швидкість розчинення ППС моделей. Як показують літературні дані, розчинення моделей, особливо великогабаритних, обчислюється годинами, стримуючи масове застосування розглянутого способу.

Експериментальними та аналітичними задачами дослідження було визначення додаткових факторів, перш за все, температурного, а також морфологічної будови використовуваних ППС моделей, що інтенсифікують процес розчинення і наближають його до технологічно прийняттого в умовах дрібно- та великосерійного виробництва.

Як один із чинників підвищення кінетичних характеристик процесу розчинення, були випробувані різні режими підігрівання розчинників. Для визначення термо-кінетичних параметрів процесу розчинення, виходячи з попередніх досліджень, були обрані найбільш екологічно прийнятні розчинники, такі як технічний скипидар (ТУ 13-0279856-74-87) і № 646 (ТУ У 24.3-00904996-004-2004), границя допустимих концентрацій яких складає відповідно 300 і 150 мг/м³. Використовували зразки об'ємом 34 см³ і 103 см³ з ППС марки ПСБ-25 (EPS-EN13163), ДСТУ Б EN 13163-2013 щільністю 25 кг/м³ і значно більш міцнішого екструдованого ППС марки 4000 CS (XPS СТО 72746455-3.3.1- 2012) щільністю 35 кг/м³, який має однорідну структуру із закритих герметичних комірок і практично відсутніми макропорами. Температура розчинників, за умови врахування температури спалаху, склала 18, 20, 30 і 35 °С. Згідно розробленої авторами методики, в експериментальну установку-контейнер з прозорими стінками зразки моделей розміщували щільно прилягаючими до стінок ємності, імітуючи «замкнутість» моделі в формі. Витратний коефіцієнт розчинника вибирали за попередніми дослідженнями і він становив 1/3 об'єму розчинника до 1 об'єму моделі. Для кожного зразка використовували свіжу порцію розчинника при заданій температурі та фіксували час його повного розчинення.

Результати проведених досліджень по «гарячому» розчиненню моделей з різних типів ППС представлені на рис. 1, 2.

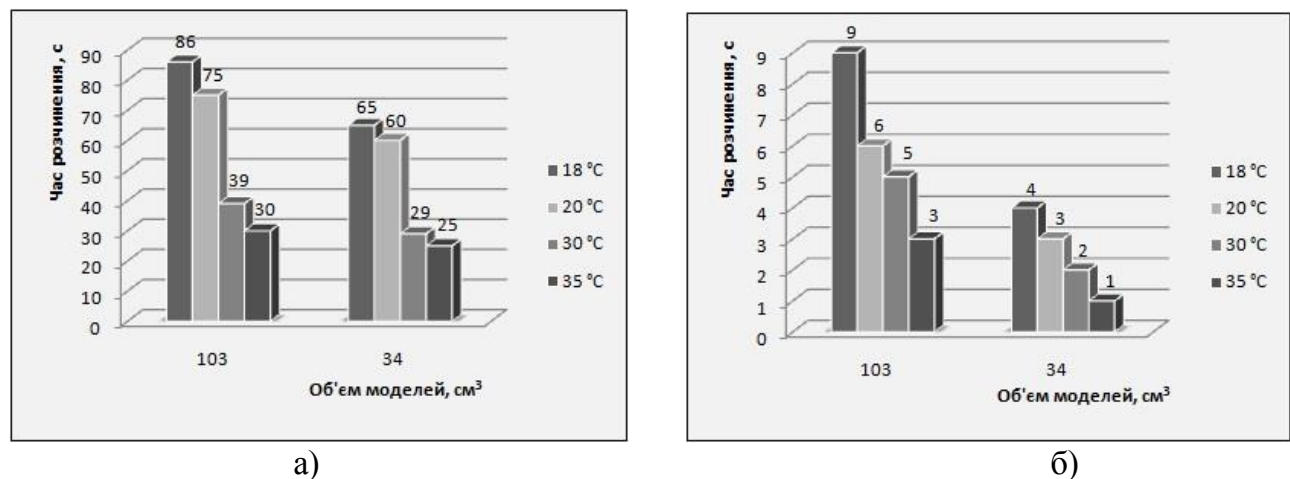


Рис. 1. Залежність часу розчинення моделей із блочного ППС ($\rho = 25 \text{ кг/м}^3$) від температури розчинника: а – технічний скипидар; б – розчинник № 646

Отримані термо-кінетичні характеристики процесу розчинення пінополістиролу декількох типів, показали зниження швидкості розчинення зразків з екструдованого ППС в середньому в 20–30 разів у порівнянні з блочним ППС. Особливо істотно це проявляється при використанні технічного скипидару, де час розчинення зразків з різних типів ППС відрізняється в десятки разів і є технологічно неприйнятним. Так при $t = 18 \text{ °С}$ зразок з блочного ППС об'ємом 34 см³ розчиняється в технічному скипидарі за 1 хв, а аналогічний

зразок з екструдованого ППС за 30 хв. Розчинник № 646 значно ефективніше технічного скипидару, проте він і більш токсичний.

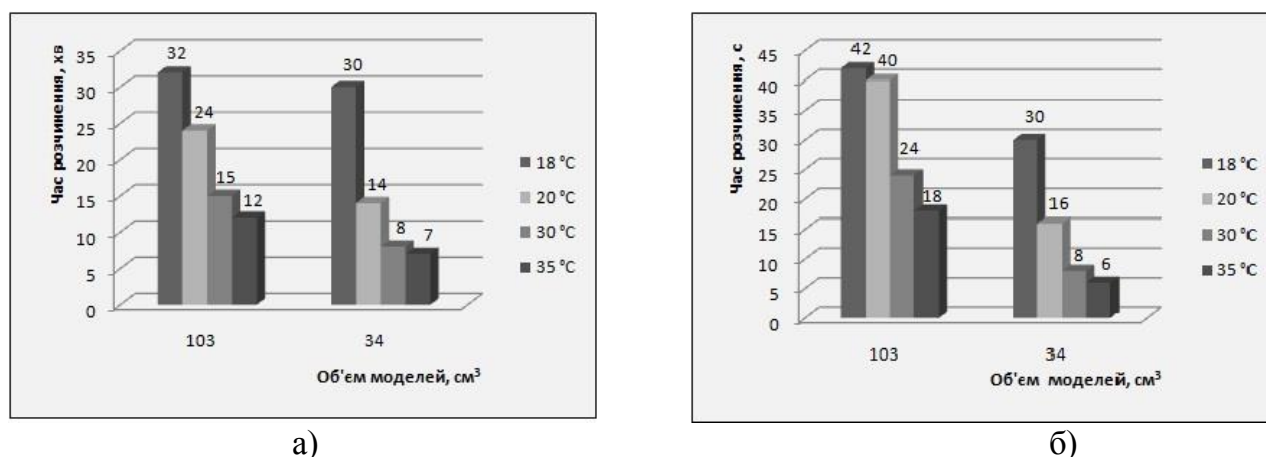


Рис. 2. Залежність часу розчинення моделей із екструдованого ППС ($\rho = 35 \text{ кг/м}^3$) від температури розчинника: а – технічний скипидар; б – розчинник № 646

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що підвищення температури обох розчинників при розчиненні зразків різних об'ємів з блочного ППС з 20 °C до 35 °C збільшило швидкість розчинення в 2,5–3,0 рази, а для зразків з екструдованого – в 3,0–3,5. Такі показники дозволяють скоротити час проведення операції виготовлення оболонкових керамічних форм на 10–15 % при зниженні браку виливків по дисперсії геометричних розмірів, в порівнянні зі способом ЛВМ, на 5–8 %. Використання більш ефективних «гарячих» розчинників стає можливим тільки за умови застосування розроблених у ФТІМС НАН України більш термо- і хімічно-стійкої комплексномодифікованої вогнетривкої кераміки на основі корунду за рахунок введення у вогнетривку основу дисперсних металевих частинок.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА АДСОРБЦІЮ В БІНАРНИХ СУМІШАХ, ЩО МІСТЯТЬ ЙОННІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

Кочкодан О.Д., Жила Р.С., Письменюк А.О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Адсорбція поверхнево-активних речовин (ПАР) на межі тверде тіло-рідина відіграє важливу роль у багатьох процесах, таких як флотація руд, добування нафти, застосування ПАР у господарстві і для особистої гігієни, у текстильній промисловості, біотехнології, для очистки води. Серед органічних сполук, які необхідно видаляти із природних та стічних вод, найпоширенішими є ПАР. На практиці ми маємо справу не з індивідуальними ПАР, а їх сумішами. Тому дослідження адсорбції сумішей ПАР є особливо важливим, оскільки вони широко застосовуються на практиці, однак мало вивчені.

В представленій роботі досліджено вплив електроліту на адсорбцію в бінарних сумішах, що містять ПАР йонної та нейонної природи. В якості нейонної ПАР використали оксиетильований октилфенол зі ступенем оксиетильовання $n = 9-10$ тритон X-100 (ТХ-100) загальної формули $C_8H_{17}C_6H_4(OCH_2CH_2)_n$, йонної ПАР – гексадецилсульфат натрію (ГДСН) загальної формули $C_{16}H_{25}SO_4Na$.

В якості пористого сорбенту використали промислове активоване вугілля марки АГ-3. Для видалення неорганічних компонентів зольності вугілля обеззолювали розчинами $2M HNO_3$ і концентрованою HF. Граничний об'єм адсорбційного простору вугілля АГ-3, визначений за адсорбцією парів бензолу, склав $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$, питомий об'єм мікропор – $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$, мезопор – $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$, ефективна питома поверхня – $6,7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$. Для дослідження була відібрана фракція вугілля з розміром зерен 0,50 - 0,63 мм.

Змішані системи ТХ-100 – ГДСН вивчені в концентраційних межах (1,5-5,0) 10^{-5} моль/дм³. Молярна частка ТХ-100 в розчині складала 0,2, 0,4, 0,6 і 0,8. В якості електроліту використали 1% розчин NaCl.

Для одержання ізотерм адсорбції розчини, що містили різні вихідні концентрації ПАР, струшували з постійними наванженнями адсорбенту на апараті для струшування. Об'єм розчину складав 0,025 дм³. Після досягнення адсорбційної рівноваги розчини відділяли від адсорбенту. Значення рівноважних концентрацій ТХ-100 визначали спектрофотометричним методом, ГДСН – методом двофазного титрування.

Щоб встановити час, необхідний для досягнення адсорбційної рівноваги в системі водний розчин ПАР – адсорбент, були проведені дослідження кінетики адсорбції.

Одержані ізотерми адсорбції індивідуальних ПАР та їх бінарних сумішей на АГ-3 Ленгмюрівського типу. Додавання NaCl приводить до збільшення адсорбції ГДСН із індивідуальних розчинів в області вищих концентрацій і не впливає на адсорбцію ТХ-100 у всій області досліджених концентрацій. Очевидно, що присутність NaCl в розчині зменшує електростатичне відштовхування між зарядженими головними групами ГДПБ і йони цієї ПАР щільніше упаковуються на поверхні адсорбенту. В результаті кількість адсорбованої ПАР у присутності NaCl більша, ніж без електроліту.

Рівноважна концентрація ПАР, при якій різко зростає адсорбція, є меншою для ГДСН порівняно з ТХ-100 навіть у присутності NaCl. Величина адсорбції при насиченні є вищою у випадку ГДСН у присутності електроліту, очевидно, внаслідок менших просторових перешкод і щільнішої упаковки молекул йонної ПАР в адсорбційному шарі.

Для сумішей ТХ-100 – ГДСН величина адсорбції ГДСН в присутності електроліту залежить від складу суміші: при збільшенні мольної долі йонної ПАР в суміші її адсорбція зростає, але в меншій мірі, ніж із індивідуального розчину. Такі закономірності адсорбційної поведінки йонної ПАР із сумішей можна пояснити утворенням змішаних адсорбційних шарів на поверхні активованого вугілля, склад яких змінюється залежно від співвідношення молекул йонної і нейонної ПАР у вихідній суміші.

СТРУКТУРА АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ В СИСТЕМІ СУМІШ ПАР – ВУГЛЕЦЕВИЙ СОРБЕНТ

Кочкодан О.Д., Бойко Р.С., Романюк В.А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогодні багато особливостей адсорбції поверхнево-активних речовин (ПАР), зокрема їх сумішей, твердими сорбентами досліджені недостатньо, особливо структура адсорбційних шарів та вплив на неї різних факторів. Ці відомості надзвичайно важливі, тому що є відправною інформацією для розрахунку і оптимізації багатьох технологічних процесів.

У даній роботі вивчалась адсорбція гексадецилпіридиній броміду (ГДПБ) та оксиетильованого октилфенолу зі ступенем оксиетильовання $n = 5$ тритону Х-45 (ТХ-45) з їх змішаних розчинів на графітованій ГС для встановлення основних особливостей змішаної адсорбції катіонних та нейонних ПАР та структури адсорбційного шару на поверхні неполярного вуглецевого сорбенту.

Концентрацію ТХ-45 визначали спектрофотометрично при 274 нм, вміст ГДПБ - методом двофазного титрування. Показано, що присутність кожного компонента у змішаних розчинах ГДПБ – ТХ-45 не впливає на визначення іншої ПАР.

Встановлено, що при концентраціях, які нижчі за величини, що відповідають адсорбційному насиченню, адсорбція ТХ-45 збільшується при зростанні вмісту ГДПБ у суміші. У цьому концентраційному діапазоні проявляється синергетичний адсорбційний ефект, коли величина адсорбції нейонної ПАР із сумішей вища, ніж величина її адсорбції із монорозчину ТХ-45. Таким чином, катіонна ПАР, коли вона присутня в суміші, посилює адсорбцію нейонної ПАР, очевидно, завдяки утворенню змішаних агрегатів ПАР. Основною причиною утворення змішаних агрегатів, очевидно, є дисперсійні взаємодії між алкільними радикалами ПАР, які адсорбовані на неполярній поверхні ГС. Йон-дипольні взаємодії між

гідрофільними частинами молекул катіонних та нейонних ПАР також можуть сприяти утворенню змішаних агрегатів. У цьому випадку як молекули ТХ-45, так і змішані агрегати ТХ-45 – ГДПБ адсорбуються на поверхні ГС. В результаті, загальна кількість молекул ТХ-45, які адсорбовані зі змішаних розчинів ПАР, вища порівняно з адсорбцією з монорозчину ТХ-45.

Подібні закономірності встановлені при адсорбції ГДПБ із сумішею ПАР. Присутність молекул ТХ-45 сприяє адсорбції ГДПБ, особливо при концентраціях ПАР в розчині, при яких ще не досягається адсорбційне насичення поверхні сорбента. В цих випадках адсорбція катіонної ПАР з бінарних сумішей вища порівняно з адсорбцією ГДПБ з монорозчину ПАР. Очевидно, в цьому випадку як окремі молекули ГДПБ, так і змішані агрегати ТХ-45 – ГДПБ адсорбуються на поверхні ГС. Також збільшення адсорбції ГДПБ може бути пов'язане зі зменшенням електростатичного відштовхування між йонами катіонних ПАР у адсорбційному шарі завдяки включенню між ними молекул нейонної ПАР.

Встановлено, що змішаний адсорбційний шар на поверхні ГС збагачений молекулами нейонної ПАР. Максимальне за абсолютним значенням відхилення від ідеальної суміші виявлено для суміші ПАР з мольною долею ТХ-45, що дорівнює 0,6. Переважання вмісту нейонної ПАР в змішаному адсорбційному шарі може бути пов'язана з більш високою поверхневою активністю ТХ-45 порівняно з ГДПБ.

Результати досліджень показують, що склад адсорбційного шару суттєво відрізняється від їх об'ємного співвідношення в розчині. Показано, що параметри міжмолекулярної взаємодії β^{σ} , які розраховані за допомогою підходу Рубіна-Розена, мають від'ємні значення, що вказує на наявність значних міжмолекулярних взаємодій компонентів у змішаному адсорбційному шарі.

АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІТУМІВ, ОТРИМАНИХ З НАФТОВОГО ШЛАМУ

Григоров А.Б., к.т.н., доцент, Сінкевич І.В., к.т.н., доцент, Мардупенко О.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Корозія металевих конструкцій є однією з актуальних технічних і економічних проблем від вирішення якої, залежить довговічність та безпека їх використання. Одним з найбільш поширених матеріалів, які сьогодні застосовуються для захисту від корозії, є бітуми, які отримують шляхом окислення різних залишків від технологічної переробки нафти (мазут і гудрон). Також, все частіше для цих цілей залучаються нафтові шлами, що є більш дешевою сировиною, у порівнянні з мазутом та гудроном. Нафтовий шлам може використовуватися як самостійна сировина для отримання бітуму, так і в суміші з товарним бітумом [1].

Для застосування бітумів у якості антикорозійних покриттів, вони повинні відповідати ряду технічних вимог: водонепроникність, хімічна стійкість, електрохімічна нейтральність. Відомо, що окислені бітуми мають ряд недоліків, до яких, можна віднести низьку міцність і адгезію до поверхні металу та високу крихкість при низьких температурах, що у остаточному підсумку, обмежує область їх застосування. Позбавитися цих недоліків можна за рахунок додавання різних присадок, або ж модифікацією бітумів різними полімерами (поліетилени, поліпропілен та інші) [2].

Зважаючи на це, з нафтового шламу, були отримані проби бітуму (перша проба, отримана шляхом компаундування висококиплячих фракцій нафтового шламу з 10% (мас.) подрібнених поліпропіленових виробів, друга – шляхом окислення цих фракцій при температурі 230°C) для яких були проведені імітаційні дослідження їх стійкості до статичного впливу агресивного середовища.

Дослідження проводилися з використанням, відшліфованих, знежирених розчинником сталевих пластин, виготовлених зі сталі марки Ст3, прямокутної форми, розмір яких становив 100 x 50 x 1 мм. На ці пластини наносили шар розігрітого бітуму, а після його охолодження пластини занурювали в склянку, наповнену 10% водним розчином NaCl, після чого, склянку з

випробуваними зразками витримували при температурі 25°C та при атмосферному тиску в темряві, протягом 30 діб.

Результати проведених імітаційних досліджень, у вигляді знімку металевих пластин після витримки протягом 30 діб у 10% водним розчином NaCl та після очищення від бітуму представлені на рис. 1.

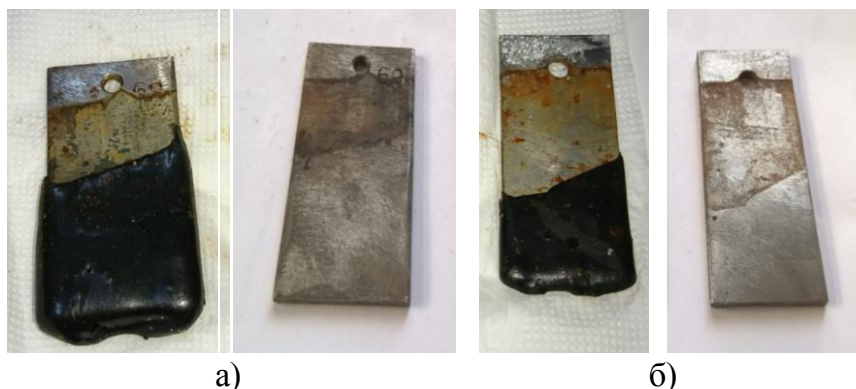


Рис. 1. Знімок пластин з нанесеним бітумом:
а – компаундований; б – окислений

Для оцінки зовнішнього вигляду бітумів і поверхні металевих пластин в результаті впливу агресивного середовища використовували метод візуальної оцінки. З представлених знімків видно (див. рис. 1), що на поверхні бітумів, не залежно від способу їх отримання, не спостерігається змін, поверхня залишається гладкою без ушкоджень. Згідно до [3] відсутність на поверхні покриття розшарування, пузирів, зміна кольору, свідчить про стійкість бітуму до статичної дії агресивного середовища.

Далі, з поверхні пластинок здійснювали видалення бітуму за допомогою нафтового сольвенту і ацетону та оцінювали стан поверхні. На поверхні металевих пластин, яка була захищена бітумом, на відміну від, поверхні пластини без покриття, не спостерігається наявності корозійних осередків, які могли б свідчити про те, що бітум не витримаю випробування [4].

Результаті імітаційних досліджень показали, що проби бітумів, отримані з нафтового шламу, володіють високими захисними (гідроізоляційними та антикорозійними) властивостями, у розчині 10% хлориду натрію, що свідчить про можливість їх використання при створенні антикорозійних покриттів для захисту сталевих конструкцій від атмосферної корозії.

Література

1. Патент Российской Федерации. RU 2535325, C08L95/00. Состав для приготовления холодного асфальтобетона. Авторы патента: Сыроежко А.М., Дронов С.В, Идрисов В. И., Гарабаджиу А.В. Владелец патента: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет") (RU). Публикация патента: 12.10.2014.
2. Беляев П.С. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками / П.С. Беляев, Д.Л. Полушкин, П.В. Макеев, В.А. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2016. - Т. 22. - №2. – С. 264-271.
3. ГОСТ 9.403-80. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей.- М.: Издательство стандартов, 1982. – 6с.
4. ГОСТ 9.509-89 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности. - М.: Издательство стандартов, 1990. – 10с.

ПРОГНОЗ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ДОМЕННОГО КОКСУ

Мірошниченко Д.В., д.т.н., с.н.с., Мірошниченко І.В., Шульга І.В., к.т.н., с.н.с.,
Балаєва Я. С., к.т.н., Терещенко О.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут»

Відомо, що виробництво чавуну в своєму розпорядженні має найбільший потенціал енергозбереження в чорній металургії, а процеси в доменних печах і в коксовому виробництві відрізняються найбільшими енергоємністю і споживанням вуглецю [1–4].

Але, в теперішній час відсутні навіть факультативні вимоги, а також адекватні методи прогнозу величини теплоти згорання виробленого українськими та іноземними підприємствами доменного коксу.

Метою дослідження було виконання літературного огляду щодо можливості прогнозу теплоти згорання доменного коксу.

Згідно з цією метою було проаналізовано вплив сировинних та технологічних чинників на значення найвищої та нижчої теплоти згорання твердого палива, такого як вугілля, кам'яновугільний кокс та нафтовий кокс.

К сировинним чинникам було віднесено показники технічного (вміст вологи, зольність, вміст загальної сірки, вихід летких речовин), елементного (вміст вуглецю, водню, нітрогену, сірки, кисню) аналізу, а також дійсна густина коксу. Крім того, досліджували вплив марочного (вміст газового, жирного, коксового та піснувато-спікливого вугілля) чи компонентного складу вугільних шихт на значення теплоти згорання доменного коксу.

К технологічним чинникам було віднесено: кінцева температура нагріву (в діапазоні від 150 до 1150 °С) вугільної сировини, гранулометричний (клас більш ніж 25 мм, 10–25 мм та клас менш ніж 10 мм) склад отриманого доменного коксу, а також його оптична структура (частка анізотропного та ізотропного вуглецю). Крім того, досліджували вплив періоду коксування на теплоту згорання доменного коксу.

В результаті проведеного дослідження встановлено, що існуючі методи розрахунку теплоти згорання рідкого та твердого палива не дозволяють з достатньою точністю прогнозувати теплоту згорання доменного коксу.

Доведено, що через нестачу наукових результатів в області впливу сировинних і технологічних факторів виробництва коксу на величину його теплоти згорання, в даний час відсутні технічно обґрунтовані технологічні прийоми її підвищення, що обумовлює необхідність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Література

1. Антонов А.В. Качество кокса и технологии коксования на основе более глубокого понимания поведения кокса в доменной печи / А.В. Антонов // Новости черной металлургии за рубежом. – 2018. № 1. – С. 6–11.
2. Kejiang Li. Advanced coke quality characterization and coke making techniques based on in depth understanding of coke behavior inside blast furnace / Li Kejiang, B. Mansoor, Z. Jianliang // AIS Tech 2016. Proceeding 16 – 19th May 2016. Pittsburgh, Pennsylvania, USA. P. 273–283.
3. Monaghan B. J. Reactivity of coke ash on aluminosilicate blast furnace hearth refractories / B. J. Monaghan, P.B. Drain, M.W. Chapman, R.J. Nightingate // ISI j International. 2014. Vol. 54. P.810–819.
4. Guo Z. Current situation of energy consumption and measures taken for energy saving in the iron and steel industry in China / Z. Guo, Z. Fu // Energy. – 2010. Vol. 35. – P. 4356–4360.

ВПЛИВ ПИЛОПОДІБНОГО КЛАСУ КОКСІВНОЇ ШИХТИ НА ВЛАСТИВОСТІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ

Фатенко С. В., Балаєва Я.С., к.т.н., Мірошниченко Д.В., д.т.н., с.н.с.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут»

В останній час до коксохімічних підприємств України надходить вугілля Австралії, Канади, США, Індонезії, Казахстану тощо.

Особливості його елементного складу та фізико-хімічних властивостей впливає на технологічні показники та вихід хімічних продуктів коксування [1–5].

Внаслідок умов добутки та багатьох завантажувальних та розвантажувальних операцій імпортного вугілля має місце підвищення вмісту пилоподібних класів у вугільних шихтах одночасно зі зниженням в них загальної вологи.

Метою роботи було дослідження впливу пилоподібного класу вугільної коксівної шихти на властивості отриманої з неї кам'яновугільної смоли, а саме ступеня її піролізу та вмісту вологи.

На підставі аналізу роботи Запорізького коксохімічного підприємства встановлено, що наявність у вугільних шихтах часток менш за 0,071 мм є додатковим фактором, що призводить до підвищення густини кам'яновугільної смоли та вмісту в ній речовин, що не розчинні у хіноліні.

Результатами лабораторних досліджень доведено, що погіршенню відстоювання кам'яновугільної смоли у ще більшій мірі сприяє попадання у неї вугільних часточок у процесі їх коксування. Встановлено, що найбільший негативний вплив на швидкість відстоювання кам'яновугільної смоли становить часточки жирного вугілля, що характеризується деяким комплектом гідрофільних та гідрофобних властивостей. Підвищенню стійкості обводненої кам'яновугільної смоли сприяє також зростання в неї частки класів вугілля менш ніж 5 мкм.

Підвищення вмісту газового вугілля у вугільних шихтах, а також підвищення ступеня його попадання у кам'яновугільну смоли не призводить до погіршення швидкості її відстоювання.

Література

1. Golovko M.B. Predicting the coke yield and basic coking byproducts: An analytic review / M.B. Golovko, D.V. Miroshnichenko, Y.S. Kaftan // *Coke and Chemistry*. 2011. Vol. 54(9). P. 331–338.
2. Miroshnichenko, D.V. Oxidation of pokrovskoe coal in laboratory and natural condition. 1. Kinetics of oxidation and technological properties / D.V. Miroshnichenko, I.D. Drozdник, Y.S. Kaftan, N.A. Desna // *Coke and Chemistry*. 2015. Vol. 58(3). P. 79–87.
3. Miroshnichenko D.V. Compositions of coals and anthracites as bases for modeling their properties / D.V. Miroshnichenko, M.L. Ulanovskiy // *Кокс і Хімія*. 2003. No 4. P. 3–7.
4. Miroshnichenko D.V. Coking of coal bath different content of oxidized coal / D.V. Miroshnichenko, I.D. Drozdник, Y.S. Kaftan, N.B. Bidolenko, N.A. Desna // *Coke and Chemistry*. 2011. Vol. 55(5). P. 155–164.
5. Miroshnichenko D.V. Predicting the yield of coke and its byproducts on the basis of elementary and petrographic analysis: An analytic review / D.V. Miroshnichenko, M.B. Golovko // *Coke and Chemistry*. 2014. Vol. 57(3). P. 117–128.

ВПЛИВ $C_{60}F_{36}$ НА ПРОЦЕСИ ОКИСНЕННЯ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТУ З ХЛОРБЕНЗОЛОМ

Іванов Б.О. ст. гр АІ-1801, Жила Р.С.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

Каменєва Т.М. к.х.н., ст. н.с.

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України (м. Київ)

Нами виявлено, що вільний фулерен C_{60} та його похідні здатні інгібувати радикально-ланцюгове окиснення органічних сполук. В даній роботі ми досліджували зміну антиокиснювальних властивостей фторованого фулерену $C_{60}F_{36}$.

Фторований фулерен синтезований в інституті проблем хімічної фізики РАН, Чорноголовка, відділ кінетики і каталізу к.х.н. Трошиним П.А. за методикою [1]. Як субстрат для окиснення нами було використано бензиловий спирт марки „чда”. Бензиловий спирт сушили над K_2CO_3 (24 год). Для видалення пероксидів його переганяли з додаванням ферум(III)ацетилацетонату в атмосфері аргону, відбирали фракцію яка має $t_{кип}$ 74–75 °С при 0,6 кПа [2].

Як ініціатор ланцюгів окиснення нами був використаний 2,2'-азо-*bis*-ізобутиронітрил (АІБН) марки “ч” (Merck, Німеччина). АІБН очищали методом перекристалізації з етилового спирту [3].

В якості інертного до окиснення розчинник використовували хлорбензол (Merck, Німеччина). Осушення і очищення хлорбензолу проводили за методикою [2].

Експериментально показано, що початкова швидкість ініційованого окиснення досліджуваних субстратів у розчинах хлорбензену (W), що визначена за поглинанням молекулярного кисню при парціальному тиску $P_{O_2} = 0,02$ МПа описується кінетичним рівнянням [4, 5]:

$$W = \text{const } W_i / [C_{60}]_0$$

Залежності швидкості W від парціального тиску кисню та від початкової концентрації бензилового спирту (RH) нелінійні. Спостережувані кінетичні закономірності стабілізованого окиснення RH це – наслідок різної реакційної здатності екзомодифікованого фулерена в актах обриву ланцюгів окиснення одночасно з пероксильними $ROO\cdot$ ($R = C_6H_5CHOH$) і алкільними радикалами $R\cdot$.

Для того, щоб визначити скільки вільних радикалів взаємодіє з молекулою фулерену та продуктами його перетворення в умовах інгібованого окиснення RH за період Δt , необхідно оцінити відповідний кінетичний параметр – бруто-стехіометричний коефіцієнт інгібування f за рівнянням $f = \frac{W_i \Delta t}{\Delta [Full]}$, при $W_i \approx \text{const}$. Для цього концентрацію $[Full]_t$ в момент t можна розрахувати за швидкістю окиснення W_t в момент t [4, 5]:

$$[Full]_t = [Full]_0 \frac{W (W_0^2 - W_t^2)}{W_t (W_0^2 - W^2)}$$

Для фторованого фулерену ми отримали $f = 2,1$.

Швидкість окиснення бензилового спирту від P_{O_2} в присутності фулерену описується рівнянням [4]:

$$\frac{W_i}{W} \left(1 - \frac{W^2}{W_0^2} \right) = A + B P_{O_2}^{-1}, \text{ де } A = \frac{2k_{ROO\cdot} [InH]_0}{k_2 [RH]}, B = tg \alpha = \frac{2k_{R\cdot} [InH]_0}{k_1 \gamma}, \gamma = \frac{[O_2]}{P_{O_2}}$$

Виявлено змін ефективних констант швидкості стехіометричного обриву ланцюгів ініційованого окиснення бензилового спирту по алкільних ($k_{R\cdot}$) і пероксильних радикалах ($k_{ROO\cdot}$) фулеренами в залежності від ступеня їх фторування. Константа швидкості стехіометричного обриву ланцюгів ініційованого окиснення бензилового спирту по алкільних радикалах зростає зі збільшенням кількості галогенованих функціональних груп у молекулі фулерену (таб.), а константа швидкості стехіометричного обриву ланцюгів ініційованого окиснення бензилового спирту по пероксильних радикалах більша у $C_{60}F_{36}$ (рис. 3). Виходячи з порівнянь констант взаємодії фулеренів з алкільними радикалами видно, що фторований фулерен $C_{60}F_{48}$ в 7 разів активніше обриває ланцюги окиснення по алкільному механізмі ніж C_{60} . Частка обриву ланцюгів окиснення пероксильних радикалів на фторованому фулерені $C_{60}F_{36}$ свідчить, що даний інгібітор обриває ланцюги не тільки по алкільних радикалах а і по пероксильних. Аналізуючи константи взаємодії $C_{60}F_{36}$ з пероксильними радикалами можна стверджувати, що екзомодифікація фтором вільного фулерену C_{60} суттєво покращила цю характеристику.

Таблиця. Константи швидкості обриву ланцюгів ініційованого окиснення бензилового спирту фулеренами та традиційними антиоксидантами при 50 °С

Фулерени	$k_{ROO\cdot}$, 10 ² , л/(моль·с)	$k_{R\cdot}$, 10 ⁷ , л/(моль·с)	Частка $ROO\cdot$, %	
			0,1 МПа O_2	0,02 МПа O_2
C_{60}	1,4	1,3	23,4	6
$C_{60}F_{48}$	1,3	8,9	3,8	0,78
$C_{60}F_{36}$	2,72	1,7	28,6	7,8

Література

1. Troshin P.A., Popkov O., Lyubovskaya R.N. // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. – 2003. – 11 (2) . – P. 163–182.
2. Органические растворители. Физические свойства и методы очистки / [Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Дж. и др.]; пер. з англ. Н.Н. Тихомирова. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – 520 с.
3. Bolland J.L. Kinetic Studies in the Chemistry of Rubber and Related Materials. I. The Thermal Oxidation of Ethyl Linoleate / J.L. Bolland // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1946. – Issue 186. – P. 218–236.
4. Ковтун Г. А., Химия ингибиторов окисления органических соединений / Г. А. Ковтун, В.А. Плужников. – К.: Наук. думка, 1995. – 296 с.
5. Денисов Е.Т. Ингибирование цепных реакций / Е.Т. Денисов, В.В. Азатян. – Черногловка: РАН, 1997. – 267 с.

THE CHEMICAL COMPOUNDS IN PERFUME PRODUCTS

Tsaplina Nataliia gr. TOR-18dm, Volkov A. gr. XT-16d .

scientific supervisors: Glikina I.M. prof., Dr.Eng.Sc., Tarasov V.Yu. docent, Ph.D.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk

Currently, the life of any person is directly related to cosmetic and perfumery products. However, if you think about it, all these means are a mixture of various chemical compounds.

Introductory Information. Perfumery is a science that studies the basic principles of combining odors and creating perfumes and products. If you look closely, perfumes consist of a mixture of fragrant substances, alcohol and water. Scientific activity is to find the ratio of these components. As needed in the composition of the funds include dyes and antioxidants. And these are also chemical compounds. As a result, we get a new flavor. In this case, no one thinks how close he is connected with chemistry. Since the 90s, perfumery began to develop as a research direction. In this case, several areas of these studies were noted. Below are the directions that distinguish a combination of fragrant properties and aromas:

floral - uses a wide variety of smells of both a single flower and a whole bouquet;

- chypre - combines the aromas of trees and mosses, which gives warmth and depth to perfumery;

- citrus - contain citrus essential oils;

- woody - a combination of rich aroma of exotic trees with the smell of trees of temperate latitudes. Sometimes they add floral and citrus flavors. This direction is more like men;

- fern - a combination of floral smells with the smells of trees and mosses;

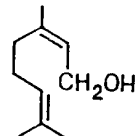
- leather - a combination of dry "tobacco" smell with a floral scent;

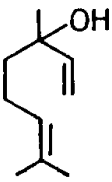
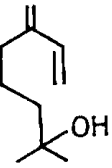
- amber - a combination of delicate floral aromas with pronounced notes of animal origin [1].

We are interested in essential oils of natural origin. They include such chemical compounds as terpenes and terpenoids, aromatics, saturated and unsaturated hydrocarbons, aldehydes, organic acids and alcohols, their esters, etc.

The content of essential oils for various plants is up to 5-6%, and as raw materials – up to 20% [2].

Below we consider some chemical compounds that are used in cosmetic and perfumery products [3]:

name, formula, structure	specifications	properties	application
Nerol (3,7-dimethyl-cis-2,6-octadien-1-ol) $C_{10}H_{18}O$ 	$t_{boil} = 229-230\text{ }^{\circ}C$ $d_4^{20} = 0,8796$	colorless liquid with a delicate rose scent, soluble in ethanol and propylene glycol, poorly soluble in water. Contained in citrus fruits and many essential oils.	component of perfume compositions, fragrances for soap, detergents and cosmetic products

Linalool (3,7-dimethyl-1,6-octadiene — 3-ol) $C_{10}H_{18}O$ 	$t_{\text{boil}} = 198-200 \text{ } ^\circ\text{C}$ $d_4^{20} = 0,8700$	colorless liquid with the aroma of lily of the valley, soluble in ethanol, propylene glycol and essential oils, insoluble in water and glycerin.	component of perfume compositions, fragrances for soap and cosmetic products, raw materials for the production of esters as fragrances
Mirtsenol (2-methyl-6-methylene-7-octene-2-ol) $C_{10}H_{18}O$ 	$t_{\text{boil}} = 213 \text{ } ^\circ\text{C}$ $d_{20}^{20} = 0,8711$	a colorless liquid with a fresh fruit smell with a citrus note, soluble in ethanol and organic solvents, insoluble in water, capable of polymerization processes. Contained in Chinese lavender oil and some plants	component of perfume compositions, fragrances for soap

Discussion. As we see from the considered information, the production of essential oils is an interesting, promising and research area. Upon receipt of oils from natural raw materials, research will constantly improve methods for their preparation. This is one of the new promising areas of development of chemistry and chemical technology. Chemistry surrounds us from cosmetic, perfumery products to food additives.

Literature:

1. Bashura A.G. Tekhnologiya kosmeticheskikh I parfymernykh sredstv // Bashura A.G., Polovko N.P., Glagukh E.V., Petrovskaya L.S., Baranova I.I., Kovaleva T.N., Zueva A.S. – Kharkov:NFAU Zoloty strany, 2002. – 272s.
2. Efirnye masla // Bolshaya Sovetskaya entsiklopediya (v 30 t.) / red. A.M. Prokhorov. — M.:«Sovetskaya Entsiklopediya», 1978. — T. XXX. —632s.
3. Khejfits L.A. Dushisty veschestva I drugie produkty dlya parfumerii // L.A. Khejfits, V.M. Dashunin. – M.:Khimiya, 1994. – 256s.
4. <http://tonus.by/velnes/aromaterapiya/sposoby-polucheniya-efirnyx-masel.html> - Sposoby polucheniya efirnykh masel. - avtor: Ert, rubriks: aromaterapiya, 30 iyunya 2010

ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХІТОЗАНУ ВІД ЙОГО МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ

Сисова О.В., Воробйова В.І. к.т.н., доцент

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

Полісахарид хітозан, що вважається екологічно чистою сировиною, грає важливу роль в багатьох галузях промисловості, включаючи косметику. Він має зволожуючі та імуностимулюючі властивості, також було показано, що він здатен поглинати активні форми кисню [1].

В цьому дослідженні було досліджено залежність антиоксидантних властивостей хітозану від його молекулярної маси.

На основі методу описаного в [2] хітозан зі ступенем деацетиляції 95% був отриманий з хітину, вилученого в свою чергу зі стертих у порошок креветок. Зразок хітозану масою 300.0 кДа був підданий ферментативному розкладанню за допомогою ферменту целюлози, після цього методом відділення ультрафільтрацією було отримано шість зразків хітозану з молекулярною масою від 156.0, 72.1, 29.2, 7.1, 3.3 і 2.2 кДа. Систематична оцінка впливу молекулярної маси хітозану на його антиоксидантні властивості була проведена на основі семи зразків хітозану з молекулярною масою в діапазоні 2,2-300,0 кДа. Антиоксидантні властивості всіх семи зразків хітозану були оцінені в лабораторних умовах.

Оцінка антиоксидантних властивостей пероксидним методом

1 мл розчину зразку у підкисленій воді (рН = 6.0) був ретельно перемішаний з 400 μl H_2O_2 (0.005 M) та інкубований протягом 20 хв при температурі 26 °С. Після чого було додано 600 μl розчину HRPase-фенол червоного (300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ HRPase та 0.0045 M фенол червоний в 0.1 M фосфатному буфері, рН 7.4). Реакція тривала 10 хвилин, після чого був зроблений спектр поглинання при довжині хвилі 610 нм з використанням спектрофотометру.

Оцінка антиоксидантних властивостей за допомогою радикалу DPPH

50 μl розчину хітозану в підкисленій воді (рН 6.0) було додано до 50 μl розчину DPPH (0.1 mM в метанолі). Після інкубування в темряві протягом 20 хв при температурі 26 °С, була виміряна абсорбція при 517 нм.

Аналіз хелатування іонів заліза

200 μl розчину хітозану було додано до 200 μl FeCl_2 (2mM) та 200 μl ферозину (5mM). Після цього розчин помістили до шейкеру на 10 хв при температурі 26 °С. Далі була виміряна абсорбція при довжині хвилі 562 нм.

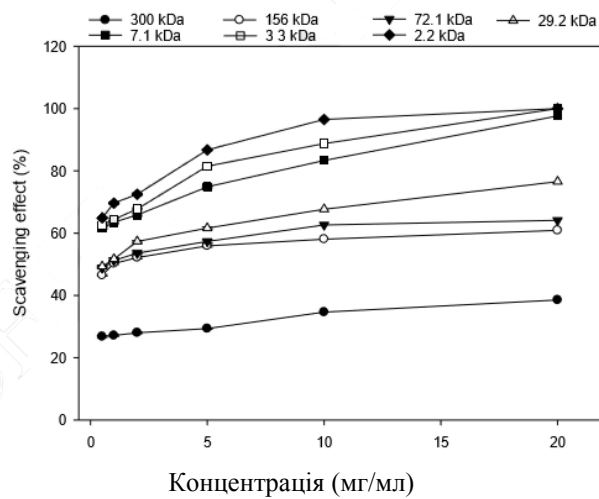


Рис. 1 Залежність антиоксидантних властивостей хітозану від молекулярної маси (за пероксидним методом)

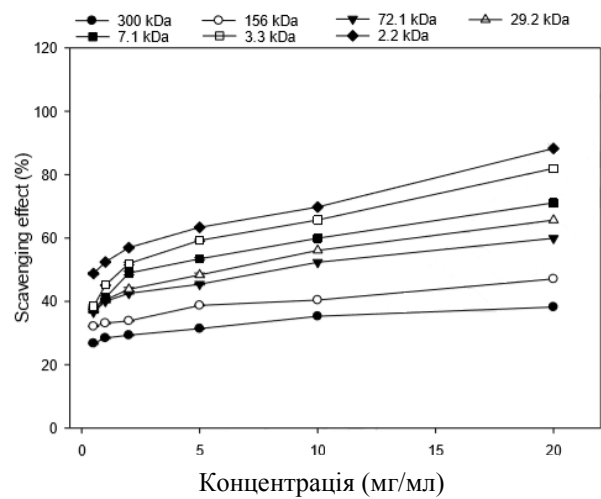


Рис. 2 Залежність антиоксидантних властивостей хітозану від молекулярної маси (за DPPH методом)

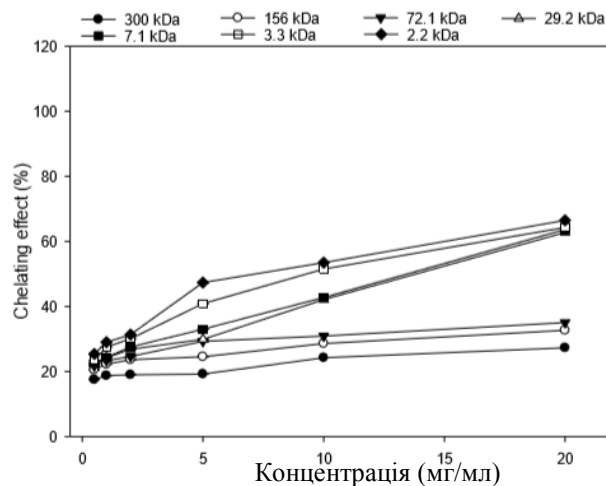


Рис. 1 Залежність антиоксидантних властивостей хітозану від молекулярної маси (аналіз хелатування іонів заліза)

Проаналізувавши результати, було виявлено, що в загальному антиоксидантні властивості хітозану зростають при зменшенні його молекулярної маси. Це може бути пов'язано з тим, що хітозан з більшою молекулярною масою має більш компактну структуру, що призводить до більш сильних внутрішньо-молекулярних водневих зв'язків і обмежує гідроксильні та амінні групи від реакції з радикалами або іонами металу.

Література

1. A new cosmetic-carrier chitosan-based / P.Morganti, G. Fabrizi, C. Bruno, B. James. // Univ. Sacred Heart. Rome. Italy. – 2007. – №9. – С. 7–9.
2. Chang S. pH Effects on solubility, zeta potential, and correlation between antibacterial activity and molecular weight of chitosan / S. Chang, H. Lin, G. Wu. // Carbohydrate Polymers. – 2015. – №134. – С. 74–81.
3. Chang S. Effects of chitosan molecular weight on its antioxidant and antimutagenic properties / S. Chang, G. Tsai, C. Wu. // Carbohydrate Polymers. – 2017. – №57. – С. 11–13.

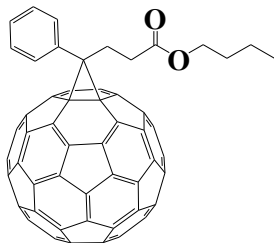
ВІД'ЄМНИЙ КАТАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОКИСНЕННЯ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТУ 61-БЕНЗЕН-1,2-МЕТАНО[60]ФУЛЕРЕН-61-Г-ПРОПІОНАТБУТАНОМ

Топчанюк Д.В. ст. гр АІ-1802, Жила Р.С.

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

Каменєва Т.М. к.х.н., ст. н.с.

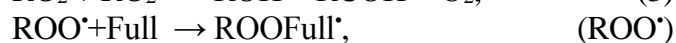
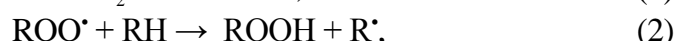
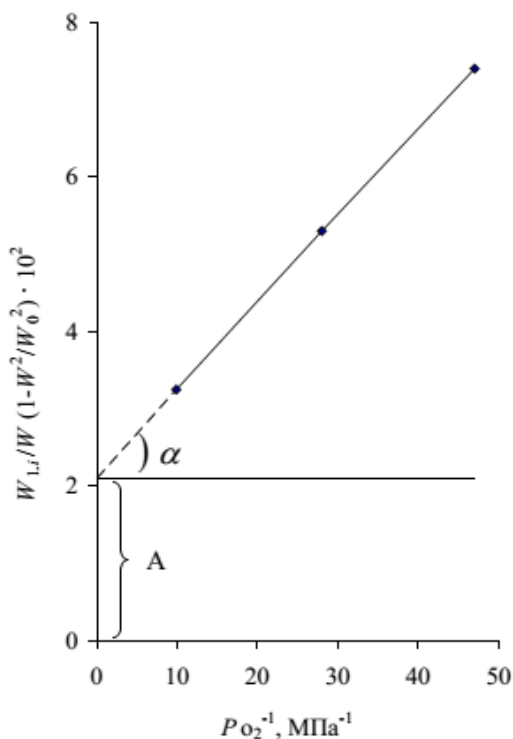
Метою даної роботи є вивчення інгібування окиснення бензилового спирту екзомодифікованим фулереном C₆₀ для пошуку нових антиокиснювальних додатків до паливно-мастильних матеріалів.



61-бензен-1,2-метано[60]фулерен-61-γ-пропіонатбутан синтезований в інституті проблем хімічної фізики РАН, Чорноголовка, відділ кінетики і каталізу к.х.н. Трошиним П.А. за методикою [1].

Бензиловий спирт і хлорбензен марки «хч» очищали від можливих інгібуючих домішок шляхом одноразового пропускання їх через колонку з активованими оксидом алюмінію й вугіллям з наступною дистиляцією при пониженому тиску в атмосфері аргону. Як ініціатор ланцюгів окиснення використовували 2,2'-азо-біс-ізобутиронітрил марки «ч», який був очищений перекристалізацією з етанолу.

Основними реакціями процесу ініційованого ланцюгового окиснення бензилового спирту при інгібуванні фулеренами є:



Із залежності параметра $W_i/W(1-W^2/W_0^2)$ від $P_{O_2}^{-1}$ (рис.) визначасмо ефективні константи взаємодії фулерену C₆₀Cl₆ з алкільними і пероксильними радикалами, які описуються

рівняннями [2]: $\frac{W_i}{W} \left(1 - \frac{W^2}{W_0^2} \right) = A + B P_{O_2}^{-1}$, де

$$A = \frac{2k_{\text{ROO}^{\bullet}} \cdot [\text{InH}]_0}{k_2 [\text{RH}]}, \quad B = \frac{2k_{\text{R}^{\bullet}} \cdot [\text{InH}]_0}{k_1 \gamma}, \quad \text{коефіцієнт}$$

$$\text{Генрі } \gamma = \frac{[\text{O}_2]}{P_{O_2}}$$

Рис. Залежність параметра $W_i/W(1-W^2/W_0^2)$ від $P_{O_2}^{-1}$ при ініційованому окисненні бензилового спирту (4,82 моль/л в хлорбензені) інгібованого фулереном ($4,26 \cdot 10^{-4}$ моль/л), 323 К, $W_i = 2,98 \cdot 10^{-8}$ моль/(л · с).

З урахуванням величин $A = 2,1 \cdot 10^{-2}$ (рис.), $[InH]_0 = 2,14 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $[RH]_0 = 4,26$ моль/л та $k_2 = 6,6$ л/(моль·с) [3] оцінимо ефективну константу швидкості взаємодії пероксильних радикалів з фулереном $k_{ROO\cdot} = 7,84 \cdot 10^2$ л/(моль·с).

З урахування величин $B = \operatorname{tg} \alpha = 7,98 \cdot 10^{-3}$ (рис.), $[InH]_0$ та коефіцієнта Генрі $\gamma = (10,86 \pm 0,8) \cdot 10^{-2}$ моль/(л · МПа) і $k_1 = 7,9 \cdot 10^8$ л/(моль · с) [4] одержимо ефективну константу швидкості взаємодії алкільних радикалів з фулереном: $k_{R\cdot} = 1 \cdot 10^7$ л/(моль · с). Зазначимо, що найбільш ефективними антиоксидантами, які взаємодіють з алкільними радикалами, є стабільні нітроксили 2,2',6,6'-тетраметилпіперидинового ряду: $k_{R\cdot} = 0,8-2,0 \cdot 10^7$ л/(моль·с) (метилметакрилат, 323 К) [4]. Для бензохінона-1,4 величини констант обриву ланцюгів по алкільних радикалів становлять лише 10^3-10^4 л/(моль · с) (323 К) [5].

Література

1. Synthesis and investigation of fullerene-based acceptor materials / J. Y. Mayorova, S.L. Nikitenko, P. A. Troshin [et al.] // *Mendeleev Commun.* – 2007. – Vol. 17. – N 3. – P. 175–177.
2. Ковтун Г.О. Механізм інгібуєчої дії фулерену C_{60} при окисненні бензилового спирту / Г.О. Ковтун, Р.С. Жила, Т.М. Каменєва // *Доп. НАН України.* – 2007. – № 12. – С. 138–143.
3. Шендрик А.Н. Кинетика и механизм гомолитического жидкофазного окисления бензилового спирта / А.Н. Шендрик, И.А. Опейда // *Украинский химический журнал.* – 1978. – Т.4.– №8. – С. 855–858.
4. Могилевич М.М. Окисление и окислительная полимеризация непредельных соединений / М.М. Могилевич, Е.М. Плисс. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
5. Ковтун Г. А., Химия ингибиторов окисления органических соединений / Г. А. Ковтун, В.А. Плужников. – К.: Наук. думка, 1995. – 296 с.

ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ОЛІГОМЕРІВ

Кічура Д. Б., к.т.н., доцент

Національний університет "Львівська політехніка",

Сьогодні постає проблема захисту металофонду від корозії, втрати від якої становлять мільйони тон металу щорічно. Нафтопереробні комплекси України мають чималу кількість продуктів вторинної переробки нафти та її фракцій, застосовуючи процеси олігомеризації можна синтезувати вуглеводневі олігомери з функціональними групами. Залежно від вихідної сировини та умов процесу вихід і склад окремих фракцій рідких продуктів крекінгу чи піролізу нафти сильно відрізняється. Різні галузі промисловості України споживають велику кількість дорогих та дефіцитних продуктів до яких можна віднести й епоксидні смоли (ЕС), відтак їх заміна на дешеві та доступні синтетичні аналоги має важливе народно-господарське значення. До таких аналогів належать низькомолекулярні вуглеводневі олігомери, які одержують з дешевої нафтохімічної сировини [1, 2]. Епоксидні лакофарбові матеріали мають комплекс цінних властивостей: висока адгезія до металічних та неметалічних поверхонь, стійкість до дії води, лугів. Кислот, іонізуючого випромінювання, незначна пористість та водопоглинання, а також високі діелектричні властивості, тому їх використовують для одержання хімічностійких електроізоляційних та теплостійких покриттів [2].

Висока активність епоксидних груп по відношенню до елекро- та нуклеофільних реагентів дозволила розробити різноманітні затверджуючі системи ефективні в широкому діапазоні. За механізмом дії всі затверджені поділяють на дві групи: зшиваючи – це сполуки з функціональними групами здатними реагувати, та каталітичні – тривимірна структура утворюється за рахунок реакції полімеризації з розкриттям епоксидного циклу. Композиції готували методом холодного твердження як затверджував використовували етилендіамін (ЕДА) та поліетилеполіамін (ПЕПА). При взаємодії епоксидіанової та вуглеводневої смол виникають теплові ефекти. Для досліджень використовували функціоналізовані вуглеводневі олігомери синтезовані в оптимальних умовах на основі фракції C_9 РПП дизельного палива радикальною коолігомеризацією з малеїновим ангідридом, акриловою кислотою та диалілфталатом. Композиції отримували при температурі 353 – 363 К

3 год, при кімнатній температурі 293 – 298 К 24 ... 36 годин, додатково застосовували термообробку при 333 К протягом 2 ... 4 годин.

Антикорозійні властивості полімерних покриттів визначаються здатністю гальмувати дифузію молекул води, кисню та корозійноактивних іонів через об'єм полімеру до сталевій підкладки, а також адгезійною взаємодією на міжфазній поверхні. Найбільш активним і легкопроникним в покриття реагентом є вода. Витримуючи полімерні плівки у водних розчинах, що імітують агресивне середовище має місце процеси: адсорбції, дифузії, хімічної взаємодії та розчинення незв'язаних і низькомолекулярних складових. При цьому молекули води дифундують в полімер першими, а потім рухаються корозійноактивні іони (Cl^- , SO_4^{2-} і т.п.). Зміна маси плівок у воді та водних розчинах кислот і лугів є наслідком цих процесів і може бути однією з важливих характеристик оцінки захисних властивостей покриттів.

Для встановлення впливу функціональної групи вуглеводневого олігомеру на водо- та хімічність полімерних композицій різного складу в нейтральному, кислому та лужному середовищах, взято олігомери з: ангідридними, кислотними, естерними групами, як твердник використовували ЕДА і ПЕПА. Отримані покриття відрізняються хорошою стійкістю в агресивних середовищах більше 30 діб, проблема виникає лише у розчині оцтової кислоти до 26 діб.

Вміст гель-фракції для олігомерів залежить від функціональною групи. Вищий вміст гель-фракції має олігомери на основі малеїнового ангідриду до 95 ... 97 %, диаліфталат 92 ... 94%, акрилова кислота до 91 %. Для визначення впливу природи затверджувача на якість композиції застосовували: ЕДА та ПЕПА. При використанні ПЕПА в усіх досліджуваних випадках епоксиполімерні композиції відрізняються вищим вмістом гель-фракції. Полімерні композиції мають твердість 0,77...0,89 відн. од. На основі проведених експериментальних досліджень запропонована хімізм багатостадійного процесу, який призводить до утворення просторово зшитих тривимірних продуктів. Додаткова обробка таких полімерних композиційних матеріалів при 313 – 333 К протягом 2 ... 4 годин підвищує вміст зшитих структур, а також водо- та хімічну стійкість на їх основі за рахунок додаткової взаємодії функціональних груп задіяних у процесі тверднення.

У результаті проведених досліджень встановлено, що епоксивуглеводневі полімерні композиції характеризуються високою тривкістю в нейтральних, кислих та лужних середовищах. Водо- та хімічна стійкість підвищується зі зростанням кількості функціоналізованої вуглеводневої складової в композиції та ступеня її функціоналізації. Встановлено можливість застосовування таких композицій як плівкоутворюючих компонентів з антикорозійними захисними властивостями.

1. Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ. М.: Химия, 1989. – 480 с. 2. Бекирова Л. Нефтеполимерные смолы в СНГ // Лакокрасочные материалы. – 2008. – № 3. – С. 88 – 95. 3. Новаков И. А., Ваниева М. А. Особенности полученных и свойства новых материалов из полимеризирующихся мономер-полимерных систем, содержащих акрилатные олигомеры // Сборник статей X международной конференции по химии и физико-химии олигомеров. – Волгоград. (РФ) – 2009. – С. 206 – 229.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СИНТЕЗУ ЕСТЕРІВ НА ОСНОВІ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Кічура Д. Б., к.т.н., доцент, Никулишин І. Є., д.т.н., професор
Національний університет "Львівська політехніка",

У виробництві етилового спирту крім основних продуктів – етилового спирту та діоксиду вуглецю – одержують й побічні продукти, а саме головну фракцію етилового спирту та сивушні олії (СО). В останні роки головну фракцію та СО випускають у вигляді технічних продуктів, що мають цільове призначення. Однак їх комплексна утилізація суттєво підвищить техніко-економічні показники виробництва та зменшить потужності очисних споруд, зокрема

для чистої та питної води. Рівень розвитку сучасного суспільства характеризується ресурсо- та енергоємністю національного доходу, що передбачає максимальне використання вторинних ресурсів та більш глибоку та комплексну переробку сировини. Тому впровадження нових мало- і безвідходних технологій дозволяє скоротити матеріалоемність виробництва, зменшити витрату енергії на одиницю товарної продукції та вирішити ряд екологічних пороблем.

На ринку України практично відсутні вітчизняні синтетичні миючі засоби (СМЗ), а саме поверхнево-активні речовини (ПАР) основних видів: алкілбензолсульфонати натрію, алкілсульфати спиртів та інші види ПАР. З метою покращення якості СМЗ та підвищення техніко-економічної ефективності їх одержання повинні впроваджуватись у виробництво нові технології. Одним з основних завдань подальших досліджень є розробка та реалізація проектів направлених на збільшення продуктивності СМЗ. Саме тому виникає проблема інтенсифікації існуючої технології виробництва СМЗ. В Україні виробництво СМЗ зменшилось майже у 10 раз, якщо у 1990 р. вироблялось 305 тис. т., у 2000 р. 40 тис. т., а в 2005 р. до 30 тис. т. Це викликано не лише заповненням ринку чималою кількістю закордонних СМЗ, а й відсутністю самих ПАР вітчизняного виробництва. Починаючи з 2010 року спостерігається тенденція щодо нарощення виробничих потужностей до 100 ... 120 тис. т., відтак з'явилося чимало підприємств, які виготовляють СМЗ різних категорій.

Синтез ПАР можна здійснювати наступними методами: оксиетилуванням естерів на основі метанолу, де вихідна сировина – ріпакова олія (такі сполуки відносяться до нейоногенних ПАР); оксиетилуванням моноетаноламідів синтетичних жирних кислот (СЖК) (такі ПАР можуть використовуватись як емульгатори і згущувачі і є вихідною сировиною для синтезу йоногенних та аніоногенних ПАР); сульфуванням у цьому випадку для синтезу використовують спирти чи ангідриди насичених і ненасичених дикарбонових кислот з сірчанам ангідридом, гідросульфїтом та сульфїтом натрію (такі ПАР мають підвищену стійкість до кислот).

Мета роботи: застосування побічного продукту спиртового виробництва – сивушної олії (СО) для синтезу ПАР. Об'єкти досліджень: малеїновий (МА), бурштиновий (БА) ангідриди, сивушна олія.

Оскільки, сульфування з використанням сірчаного ангідриду потребує певного апаратурного оформлення. Температура реакції при цьому не повинна перевищувати 283 К, реакція екзотермічна, температура досягає 333 – 343 К, тому у нашому випадку як сульфууючий агент використали гідросульфїт та сульфїт натрію. Спочатку синтезували моноестер на основі МА чи БА, надалі проводили його омилення за допомогою гідроксиду натрію та гідросульфїту натрію. Отримали кислотостійкі ПАР – α -, β -динатрієві чи тринатрієві солі МА і БА.

Синтезовані моноестери характеризували молекулярною масою. Яку визначали криоскопічним методом, як розчинник використовували діоксан. Проводився також комплексний елементний аналіз синтезованих моноестерів методом спалювання для визначення кількісного вмісту вуглецю та водню. Аналізуючи проведені дослідження, а саме фізико-хімічні характеристики та елементний склад, можна зробити висновок, що синтезовані продукти мають вміст основного компоненту в межах 93...97 % мас.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено вплив природи ангідриду та температури процесу на утворення відповідних моно- та диестерів, визначено їх фізико-хімічні характеристики з допомогою інструментальних методів аналізу. Визначено оптимальні умови проведення процесу: каталізатор – сульфатна кислота у кількості 0, 01 моль/л; співвідношення реагентів А : СО = 1...2 : 1 (мол.); гідросульфїт натрію та гідроксид натрію. Нами запропоновано їх одержання технологічна схема зображена на рисунку.

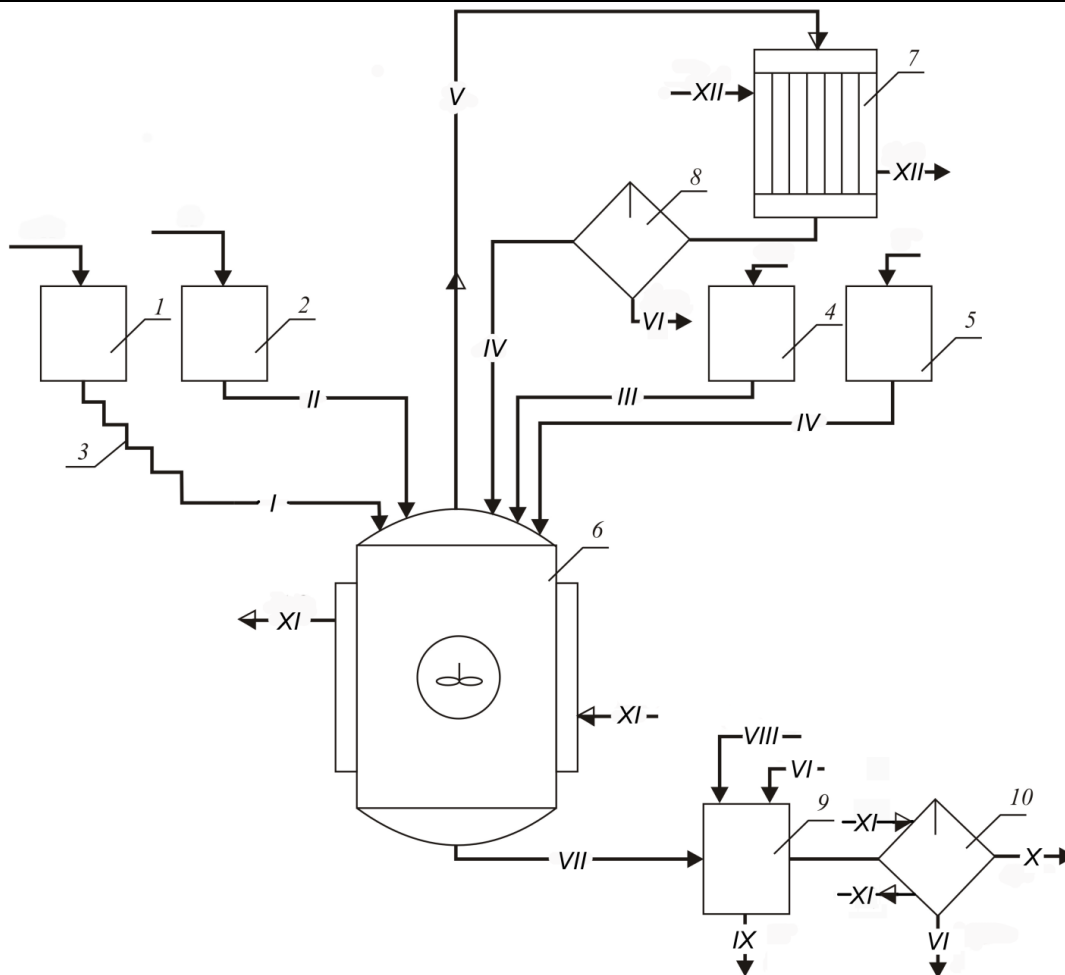


Рис. Принципова технологічна схема процесу СМЗ:

апарати: 1, 2, 4, 5, – ємності, 3 – шнековий транспортер, 6 – реактор, 7 – теплообмінник, 8, 10 – сепаратори, 9 – нейтралізатор;

потоки: I – МА; II – каталізатор, III – CO, IV – розчинник, V – азеотроп, VI – дистильована вода, VII – естерифікат, VIII – гідросульфід натрію, IX – розчин естерів, X – суміш натрієвих солей, XI – пара, XII – вода.

Запропонована принципова технологічна схема є простою в апаратному оформленні й не потребує додаткових витрат, якщо має місце виробництво з одержання естерів на основі подібної сировини. Відтак, може бути впроваджена та ефективно виготовляти цільовий продукт.

МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПАРАМЕТРИ МЕТАНОУТВОРЕННЯ

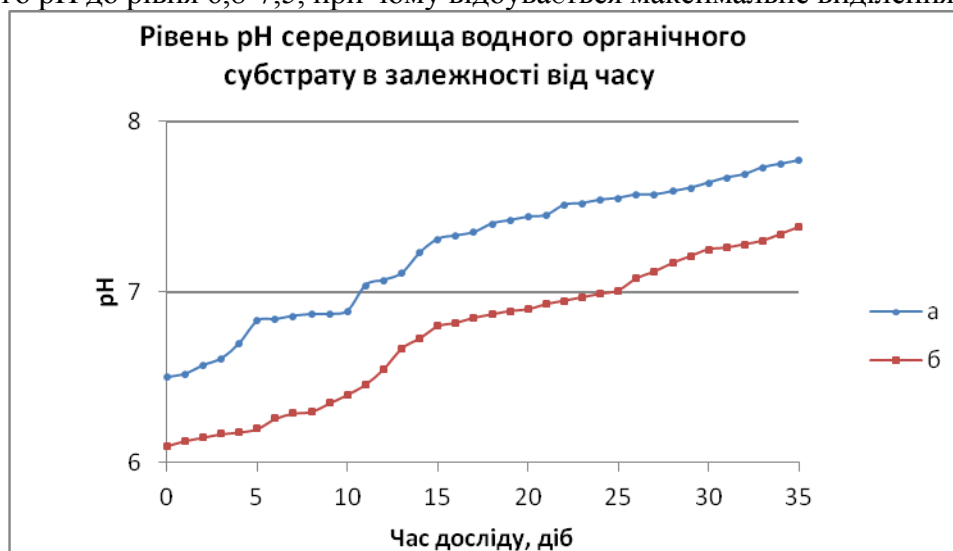
Гаценко К.В., асп. каф. ХТНР, Стросва В.О., к. фіз.-мат. н., доцент
Дніпровський державний технічний університет

У світі на вироблення електричної енергії витрачається основна частина ресурсів, виснаження яких, за даними ООН, передбачається в до 2500 р. Шляхом утилізації органічних відходів є анаеробне зброджування, продуктами якого є органічні добрива та біогаз, що містить близько 70% CH_4 . Метою дослідження є збільшення виходу біогазу при анаеробній переробці органічних відходів шляхом інтенсифікації процесу зброджування субстрату з ультразвуковим впливом. Вимірювання концентрації водневих іонів рН показали, що водний органічний субстрат, який має рН 6,3, після впливу ультразвуку змінює активність іонів водню до рН 7,6, сприяючи розвитку і життєдіяльності мікроорганізмів. Доцільність застосування даної обробки підтверджується експериментами (таблиця 1 та рисунок 1(а, б)).

Таблиця 1 – Характеристика рН водного органічного субстрату обробленого та не обробленого ультразвуком.

Т, діб	Сировина оброблена ультразвуком		Сировина не оброблена ультразвуком	
	рН	Вихід біогазу Q, м ³ ×10 ⁻³	рН	Вихід біогазу Q, м ³ ×10 ⁻³
0	6,5	0	6,1	0
5	6,83	2,1	6,2	0
10	6,89	2,8	6,4	0,5
15	7,31	3,5	6,8	1,2
20	7,44	8,2	6,9	2,3
25	7,55	11,7	7,01	2,8
30	7,64	12,0	7,25	3,0
35	7,77	12,3	7,38	3,2

Напрямок і швидкість хімічної реакції в значній мірі залежить від водневого показника. Вихід біогазу залежить від кількості мікроорганізмів, вплив ультразвуку дозволяє прискорити процес зародження і зростання мікроорганізмів і збільшити їх кількість по всьому об'єму субстрату, що знаходиться в метантенку. Посилюючи здатність мікроорганізму продукувати метаболізм клітини, є можливість підвищення швидкості росту і збільшення поверхні метаноутворюючих бактерій. Вплив ефекту ультразвуку на величину рН (рисунок 1(а, б)) представлено на графіках. Метаногенні бактерії функціонують лише в нейтральному середовищі (в інтервалі значень рН = 6,5-7,5). Як видно з графіка, на першому етапі, в першій стадії бродіння, органічні речовини, які містяться у відходах під впливом анаеробної мікрофлори розкладаються на складні органічні речовини (білки, вуглеводні та ін.), які трансформуються в органічні кислоти жирного ряду. Велика кількість аніонів оцтової кислоти зменшує активну реакцію середовища рН до 6,5-6,0, що призводить до зниження активності бактерій, які беруть участь першій фазі бродіння. У другій (метановій) фазі метанові бактерії розкладають утворені кислоти, в результаті чого виділяється СН₄ та СО₂, рН зростає до 6,7-7,5. При інших рівних умовах ультразвук дозволяє швидше досягти оптимального рН до рівня 6,8-7,5, при чому відбувається максимальне виділення біогазу.



а) сировина оброблена ультразвуком б) сировина, що не пройшла обробку

Рисунок 1 – Зміна рН середовища в залежності від часу в процесі зброджування

В рамках даного дослідження було поставлено завдання дослідження отриманих експериментальних даних з метою визначення виду залежності кількості виходу біогазу від часу та рівню рН середовища водного органічного субстрату, обробленого ультразвуком. У математичній постановці задачі в якості незалежних факторів прийнято X_1 – термін зброджування субстрату (T_i , діб) та X_2 – рівень рН середовища водного органічного субстрату (ум.од.), а в якості залежного фактору – Y , функції відгуку (спостережуваної випадкової величини), приймаємо – вихід біогазу (Q , м³×10⁻³).

Для побудови математичної моделі $Y = f(X_1, X_2)$ було застосовано теорію кореляційно-регресійного аналізу. З метою виявлення найкращого прогнозу було розроблено кілька моделей, а саме лінійну двофакторну та ряд нелінійних, для кожної з яких визначено основні параметри та оцінки. Порівняльна оцінка рівнянь регресії була проведена по значенням скорегованого коефіцієнта детермінації R^2 , похибок прогнозу, стандартних похибок коефіцієнтів регресії, ймовірностей значимості коефіцієнтів моделей, а також за значеннями суми квадратів залишків. У результаті математичного моделювання було побудовано наступну нелінійну математичну модель:

$$\tilde{y} = -5655.4 - 74.3x_1 + 1730.9x_2 + 11.4x_1x_2 - 0.2x_1^2 - 132.4x_2^2 \quad (1)$$

Для отриманої регресійної моделі $R^2=0,99$ має рівень значущості $\alpha = 0,001$. Таким чином, з ймовірністю похибки не більше 0,001 рівняння регресії має вигляд (1). При цьому отримані рівні значущості кожного параметра моделі свідчать про надійність визначених коефіцієнтів. Коефіцієнт детермінації більший за 0,5. Розрахункове значення критерію Фішера більше критичного. Таким чином, за результатами обробки експериментальних даних можна стверджувати, що з ймовірністю похибки не більше 0,001 (з надійністю висновків 0,99) коефіцієнт детермінації суттєво відрізняється від нуля, а рівняння регресії (1) статистично значимо і його можна використовувати для прогнозу.

Розроблено математичну модель зміни рН у процесі отримання біогазу з водного органічного субстрату обробленого ультразвуком, що дозволить спрогнозувати та оптимізувати процес виробництва за рахунок регулювання рівня рН, температури процесу бродіння та гранулометричного складу. Подальше дослідження робить можливим прогнозування виходу біогазу математичним шляхом без проведення довгострокових дослідів. Науковий інтерес представляє розробка нової технології переробки органічних відходів, заснована на використанні ультразвуку в процесі зброджування субстрату, що дозволяє збільшити вихід біогазу. Вплив ультразвуку дозволяє змінювати рН, що впливає на напрям і швидкість виходу біогазу з водного розчину органічного субстрату. Проведеними дослідями підтверджено факт збільшення виходу біогазу в 4 рази при обробці органічного субстрату ультразвуком, ніж без застосування ультразвукової обробки.

THE NESSESITY OF DECARBONIZATION OF MODERN ECONOMY

Zakharova A.I., ELT-18d

,Scientific director assistant professor Tarasov V.Y.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Coal was and always will be the industrial and global economic growth fuel. The statistics show that coal demand around the world keeps on growing: the annual growth by the 2019 is roughly 2,1 per cent. Slightly more than a half of world coal usage accounts for China, which is the largest coal user and importer.

Negative impacts from mass coal usage for people and environment outweigh its economic benefits. Coal does not just damage the climate. Working conditions in coal mines are horrible, accidents are common. From the ecological and health-care point of view, use of coal for electricity generation is extremely expensive.

Coal is mainly used for heat and power, with huge amounts of carbon dioxide (CO_2), slightly smaller amounts of methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) released. Various greenhouse gases effect climate in different ways, therefore it is easier to convert them into CO_2 equivalent for calculations. The amounts of CO_2 and other greenhouse gases introduced into the atmosphere as a result of every kilowatt-hour energy production depend on the carbon content in the coal and energy generation productivity. Only about a third of the produced heat transforms into electricity, after water boils to steam and spins the turbine.

Generally, coal electricity production damages the climate the most: gas stations produce half the CO_2 produced by modern coal stations. Due to carbon footprint of the coal industry the accumulation of mine gas, which appeared with the formation of coal and consists mainly of

methane. In 2010, mine gas emission was as high as 500 million tons of CO₂ equivalent. Besides that, hard coal is often transported on long distances, which requires energy consumption and contributes to climate change. Soot particles, which are formed during coal combustion at power plants or fireboxes, contribute to the greenhouse effect [1].

Coal mining and combustion cause harm to human health both directly and indirectly. European Pollutant Release and Transfer Register includes 53 pollutants, which are released into air, water and earth due to coal plants work. When breathed into the lungs or absorbed into the bloodstream, particles of these elements are dangerous for the organism. They cause chronic pneumonia and weaken the lungs which can lead to such diseases as asthma, chronic bronchitis and, in long-term perspective, lung cancer. Because of the chemicals blood coagulates faster and carries less oxygen, blood stops flowing to the brain, which leads to high blood pressure, arrhythmia and heart attacks. Officially established safety level of small particles does not exist. Children are especially susceptible to lead, mercury, cadmium and arsenic exposure. If the lungs are damaged in a young age they might remain weakened for the rest of the life. Children, who were lead-contaminated in the womb, are at high risk of cognitive disorders and lower mental maturity, as well as irreversible organ damage.

But coal combustion is only one of the health threats, the other one is mining. People who live nearby opencast mines are strongly effected by coal dust, which leads to respiratory diseases and allergies. Mining tailings contain heavy metals and other toxic substances, which might enter groundwater and air. Another problem is radioactivity. Brown coal contains uranium, thorium and potassium-40. These radioactive materials are also contained in dust and can cause unpredictable health problems, if inhaled.

Thus, our generation's goal is to do everything possible to stop the destructive consequences of the "coal civilization". First of all, this means that by the middle of the century both our economy and our society must be decarbonized. And the key milestone on this journey is to avoid the use of coal, which is a challenge. To shift towards renewable sources of energy and more efficient economy non the less than a worldwide energy revolution is required.

Referenses

1. Tarasov V. Occupational safety and health in the coal industry / V. Tarasov etc // Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing/ Multi-authored monograph. - Petrosani: Romania, UNIVERSITAS Publishing, — 2018. — p. 311—329.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІЗОПРОПІЛОВОГО ТА ЕТИЛОВГО СПИРТУ В ЯКОСТІ ЗАСОБА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ТРОТИЛУ З ДОЛОНЬ ЛЮДИНИ.

Петров А. Д.¹, Полякова О.А.²

¹Луганський НДЕКЦ МВС України

²Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

На даний час у вітчизняній та зарубіжній науковій практиці особлива увага приділяється питанню вилучення вибухових речовин з досліджуваних поверхонь, зокрема, з рук підозрюваних. На практиці, змиви з рук підозрюваних людей виконуються різними матеріалами, які використовують криміналісти. Це насамперед марлеві тампони змочені етиловим спиртом і вологі серветки з нетканого матеріалу, які містять в якості дезінфікуючого засобу розчин ізопропілового спирту. Дослідження більшості наданих зразків на експертизу є безрезультатним, бо кількість вибухових речовин на руках підозрюваних існує в мікрокількості і потребує для його виявлення та дослідження застосування сучасних методів мікроаналізу.

Метою дослідження є визначення найкращих абсорбційних властивостей розчинників які не шкодять здоров'ю людини та можуть ефективно використовуватись правоохоронцями в умовах обшуку місця події без спеціальної підготовки. Тому в якості досліджуваних розчинників були запропоновані: серветки просочені спиртовим розчином

для ін'єкцій (просочена 70% розчином ізопропілового спирту на нетканій основі розміром 6x3 см); марлеві тампони просочені 97% етиловим спиртом.

Для проведення дослідів було зроблено розчин тротилу в ацетоні, який наносили на поверхню долоні за допомогою піпетки-дозатора. Після випаровування розчинника поверхню долонь ретельно протирали: 1. Серветкою з ізопропіловим спиртом; 2. Марлевым тампоном з етиловим спиртом; 3. Нетканним матеріалом просоченим етиловим спиртом. Визначено, що застосування нетканого матеріалу дає негативний результат і призводить до меншого видалення часток тротилу з поверхні долонь при однакових умовах. Досліди показали, що використання ізопропілового спирту у поєднанні з нетканним матеріалом, має меншу ефективність у порівнянні з марлевими тампонами змоченими етиловим спиртом.

Висновки. Отримані результати показують значний приріст ефективності видалення часток тротилу з долонь людини при використанні етилового спирту у поєднанні з марлевими тампонами, що обумовлюється більш ефективними абсорбційними властивостями етилового спирту та більшої пористості марлевих тампонів які впливають на видалення часток тротилу з долонь людини при однакових умовах. Використання нетканого матеріалу просоченого етиловим спиртом має середні абсорбційні показники між нетканним матеріалом з ізопропіловим спиртом та марлевими тампонами просоченими етиловим спиртом.

Список використаної літератури:

1. Лобачева Г.К., Кайргалиев Д. В. Экспресс-обнаружение взрывчатых веществ в воздухе // Вестник ВолГУ. Серия 10: Инновационная деятельность. 2015. №4. — Режим доступа - cyberleninka.ru/article/n/ekspress-obnaruzhenie-vzryvchatyh-veschestv-v-vozduhe (дата звернення: 19.10.2018).

2. Войтенко С. Д. Проблеми створення засобів захисту від терористичних вибухів на борту літака // Вісник Національного Авіаційного Університету. – 2008. – Т. 36. – №. 3. – С. 55-59.

СТЕНДОВА УСТАНОВКА ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

Фальштинський В.С., к.т.н, доц., Кошка О.Г., к.т.н, доц. Сулаєв В.І., к.т.н, доц.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

В розробці технології свердловинної підземної газифікації вугілля (СПГВ) зацікавлені гірничя та хімічна промисловості, енергетика. Встановлення параметрів підземної газифікації вугільних родовищ потребує їх широкого відпрацювання у експериментальних умовах.

Комплексність проведення експерименту дозволить підтвердити ряд аналітичних рішень і перенести їх у площину реальних рекомендацій до проектування енергохімічних підприємств з видобутку й комплексної переробки вугільних пластів на місці їхнього залягання.

Проведення стендових досліджень технології СПГВ потребує аналітичного обґрунтування критеріїв придатності моделі породовугільного масиву і процесів газифікації вугільного пласта у масштабі: 1:10, 1:20...40., від натурних умов. Результати аналітичних досліджень враховуються при моделюванні геологічної будови породно-вугільного масиву, технологічних параметрів конструкції газогенератора, фізичних швидкостей і кінетики процесу [1].

Загальний вигляд стендової установки СПГВ наведено на рис. 1. Стендова установка складається з моделі породно-вугільного масиву, що вміщує підземний газогенератор. Установка складається з окремих елементів (Рис. 1): моделі підземного газогенератора у вигляді випробувального стенду (металевого ящика) з закладеним в

ньому породно-вугільним масивом, компресора, дуттєвого і газовідвідного трубопроводу і контрольно- вимірювальної апаратури.



Рисунок 1– Стенд СПГВ (загальний вигляд)

Для імітації на стендових установках натурних умов експерименту газифікації вугільного пласта встановлюються: геометричні масштаби, масштаби часу, швидкостей, щільності і тиску, масштабні коефіцієнти температур, тепловіддачі та теплопровідності, індикатори гідромеханічної, геометричної, механічної подібності та критерії гомохронності.

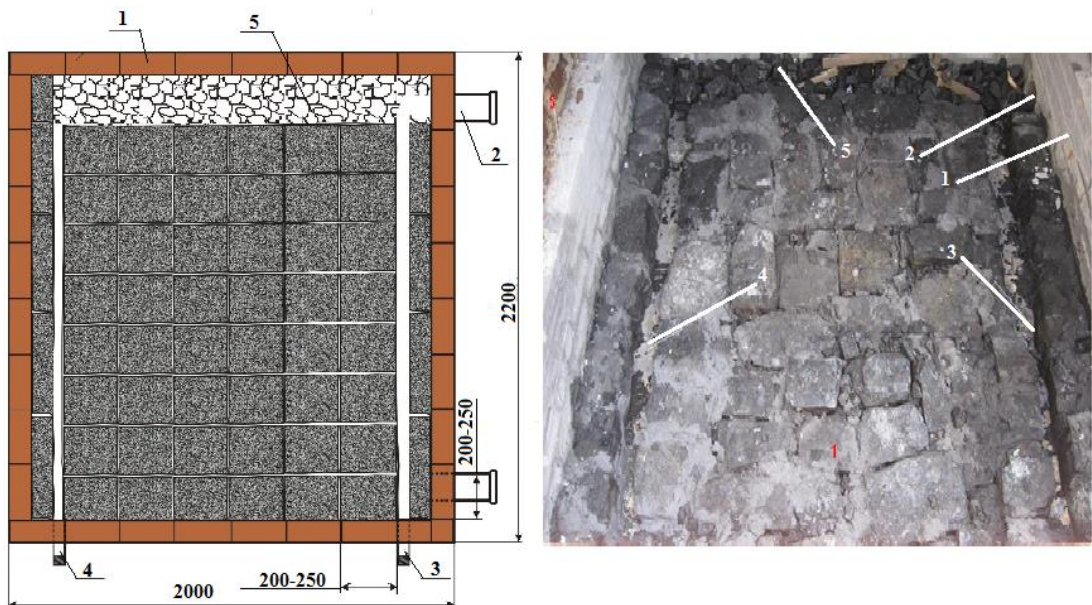


Рис. 2 – Формування вугільного пласта блоковими шматками: 1 - теплоізоляція стенду; 2 - розжигова свердловина; 3 - дуттєва свердловина; 4 - газовідвідна свердловина; 5 - реакційний канал; 6 - вугільні, блокові шматки 250 × 250 × 200 або 200 × 200 × 200.

Для формування вугільного пласта в моделі використовуються шматки вугілля розмірами 250 × 250 × 200 або 200 × 200 × 200 мм. У пласті залишається простір для імітації нагнетальної і газовідвідної свердловин, а також каналу газифікації. Реакційний канал формується з шматків вугілля фракцією 25-50 мм імітуючи гідророзрив пласта від дуттєвої до газовідвідної свердловини.

Для проведення експерименту досить 2,5 т вугілля, марки Г, а також 500 кг вугільного штибу з фракцією \varnothing 0-6 мм.

Стенова установка обладнана дренажною системою і теплоізоляцією.

Формування основної і безпосередньої покрівлі проводиться після формування вугільного пласта породами, що залягають безпосередньо над вугільним пластом. Шматки шахтної породи покрівлі і підшови пласта утворюють моноліт за допомогою шамотного розчину, що забезпечує дотримання в модельних умовах теплових коефіцієнтів. Потужність основної і безпосередньої покрівлі визначається розрахунковим шляхом при моделюванні робочих параметрів процесу СПГВ за критеріями подібності до натурних умов.

Управління процесом газифікації здійснюється з майданчика - подачею дуття по гнучкому трубопроводу з жаростійкою насадкою, варіюванням тиском в зоні окислення реакційного каналу і відведенням генераторних газів із зони відновлення газогенератора із забезпеченням рівноваги фізичних швидкостей і кінетики реакцій.

За результатами експерименту коригуються параметри математичного моделювання підземного газогенератора і процесу газифікації вугільного пласта. Скориговані параметри є рекомендаціями до проектування станцій свердловинної підземної газифікації вугілля.

Література

1. Фальштинський В.С. Штучна герметизація порід покрівлі і вигазованого простору при свердловинній підземній газифікації вугілля/В.С.Фальштинський, Р.О. Дичковський, М.М. Табаченко, Д.О. Кошка, О.В. Сулаєва // Науковий вісник НГУ – 2008. - №10. – С. 16-23.

STUDYING THE INFLUENCE OF THE CATALYTIC EFFECT OF NICKEL AND COBALT ON THE PROCESS OF STEAM GASIFICATION OF STONE COAL

Luhovskoi A., Postgraduate, Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

This work is continuation of the research into steam gasification of stone coal in the conditions of aerosol nanocatalysis technology (AnC). The aim of this work: Definition the influence of the catalytic effect of nickel and cobalt on the process of steam gasification of stone coal in the conditions of aerosol nanocatalysis technology in a rotating reactor.

Before starting the experiment, the catalytic system and the explored mass of coal were placed into the reactor. The volume of the reactor was 160 cm³. The mass of placed coal was 23,82 g. (which is equal in volume \approx 37,6 cm³). The volume of the catalytic system – 40 cm³. The catalytic system consists of dispersing material (metal balls with a diameter 1,6–1,8 mm) and a catalyst. The material of the balls – stainless steel, ferrite class, mark AISI 430. As the catalysts were taken nickel and cobalt in a powdered form. In the course of this work we investigated stone coal (mine named D. Melnikova, Lugansk region) with such characteristics: mark of coal – G (gas), analytical (hygroscopic) moisture $W^a = 5,17$ %, ash content of dry coal $A = 10,21$ %. Before placing, the coal was crushed to the fraction with particle size not more than 1,2 mm.

The research was carried out in the temperature interval from 873 to 1173 K. After reaching the temperature being studied, water began to enter the reactor. Water supply was carried out using a syringe dispenser. The rate of water flow – 3,43 ml/min (0,2058 l/h). This rate of flow provided a ratio organic part of coal:water = 1:1,3. The duration of the experiment was equal 440 s. The intensity of mechanochemical activation (MCA) was carried out with frequency 3 Hz. MCA was implemented by means of rotation of the reactor in a vertical plane and characterized by the speed of rotation. Scheme of laboratory installation with a rotating reactor described in detail in the article «Luhovskoi A., Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I. Obtaining synthesis-gas by the stone coal steam conversion using technology of aerosol nanocatalysis».

Experiment results showed, that already at 973 K can be obtained content of targeted products which is comparable to that, which is in the most prevalent industrial methods (for example Lurgi, Winkler, Koppers-Totzek).

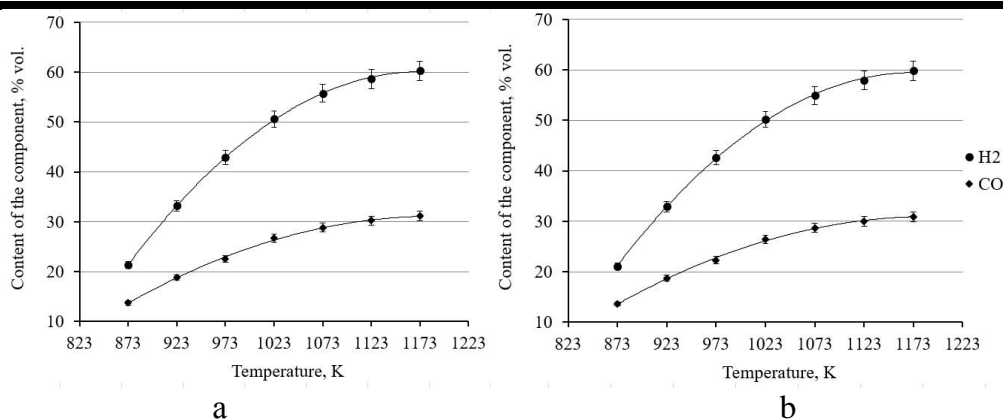


Fig. 1 Dependence of component content on temperature (catalysts: a – Ni, b – Co).

Relative error δx does not exceed 3,2 %. Confidence probability α is equal 0,96. Accuracy of approximation R^2 is not less 0,9984.

If we compare efficiency of catalysts which were used in the study, then we can say the following. The result of using a nickel catalyst is a higher content of hydrogen and carbon monoxide (fig. 1). So for example at temperature 1173 K the content of H₂ was 60,3 and 59,8 % vol. (at catalysts Ni and Co respectively). That is when using Ni, content increased by 0,5 percentage point (p.p.) or by 0,84 %. The content of CO was 31,1 and 30,9 % vol.

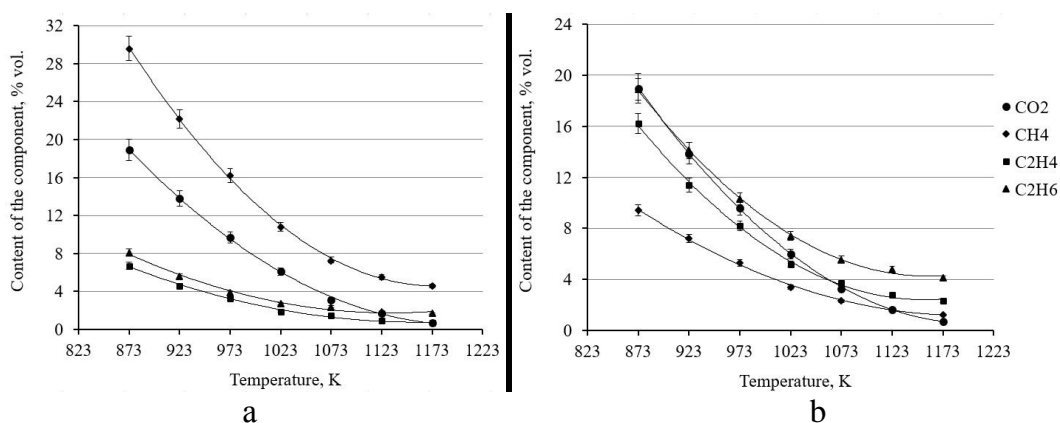


Fig. 2 Dependence of component content on temperature (catalysts: a – Ni, b – Co).

Relative error δx does not exceed 6,1 %. Confidence probability α is equal 0,96. Accuracy of approximation R^2 is not less 0,9914.

The difference in gas composition at the outlet of the reactor is more significant when comparing by-products (fig. 2). We can see, that the use of nickel promotes to the formation of methane, the use of cobalt – saturated and unsaturated hydrocarbons C₂. So at temperature 1173 K the content of CH₄ was 4,6 % vol. when we used Ni and 1,2 % vol. when used Co. At the same time, the content of C₂H₄ was 0,7 and 2,3 % vol. respectively, however C₂H₆ was 1,7 and 4,1 % vol.

Conclusions:

1. When compared with the closest industrial analogue (Lurgi method) aerosol nanocatalysis technology allows to reduce the time for the presence of raw materials in the reactor more than in 11 times, allows to reduce the pressure from 2,8–3 MPa to atmospheric. Aerosol nanocatalysis technology allows to reduce the temperature by 50–400 K or increase the total content of H₂ with CO by 24,4–32,4 p.p., at the same time reducing the average temperature that is used in Lurgi method by 25 K.

2. Noticed more efficiency of Ni in the context of the content of target products and methane, however the content of ethylene and ethane is slightly less (when compared with using cobalt).

3. Synthesis gas, which was obtained by aerosol nanocatalysis technology (with technological parameters that are specified in the research methodology) may be used to obtain methanol, if will be reduced the content of CO₂ for the required value of the functional ($f = 2,05\text{--}2,20$).

ВИРОБНИЦТВО ПАРАНІТРОТОЛУОЛУ

Кіхтенко Б.І.¹, Мамец Е.В.², головний технолог., Кудрявцев С. О.¹, к.т.н., доцент
¹Східноукраїнський національний університет імені В.Даля ²ТОВ «НВП «ЗОРЯ»

Паранітротолуол – це плавлений продукт світло-жовтого кольору, належить до групи нітротолуоли. Паранітротолуол застосовують для отримання: 4-нітробензойної кислоти, у виробництві гербіцидів та каучуку, у виробництві органічних напівпродуктів, у фармацевтичній галузі, оптичних відбілювачів і барвників, також ПНТ використовують в якості летючого маркера пластичних вибухових речовин.

З метою отримання високоякісного паранітротолуолу ТОВ «НВП «Зоря» забезпечує контроль якості сировини (толуол, азотна та сірчана кислота), що надходить до виробництва, та здійснює контроль виготовлення продукту на всіх етапах технологічного процесу. На «НВП «Зоря» Отримують паранітротолуол нітруванням толуола азотною кислотою у присутності сірчаної кислоти з подальшою ректифікацією технічного мононітротолуолу та фракційною кристалізацією розплаву. З плюсів цієї технології можна відзначити: Дуже висока якість сировини, і продукту, велика продуктивність (6 000 тон на рік), з мінусів: велика енергозатратність процесу, складний перезапуск процесу.

У червні 1962 року на заводі було розпочато будівництво нового цеху (№ 4) з виробництва ізомерів мононітротолуола (орто-, пара- і метанітротолуола), а також ізомерів динітротолуола (2,4ДНТ) і суміші ізомерів 2,4-2,6ДНТ. Аналогів такому виробництву в країні не було. У листопаді-грудні 1964 року перша група працівників у складі апаратників і майстрів, прийнятих в цех № 4, направляється для навчання, де вже була змонтована дослідно промислова установка виробництва ізомерів, що складається з трьох апаратів: основного, буферного і екстрактора. Пуск виробництва ізомерів (цеху № 4) був запланований на травень 1965 року. А вже в квітні, як і намічалось, була пущена в експлуатацію азотно киснева установка. Пуску унікального виробництва приділялася підвищена увага. Уже в період 1960-1965 рр. були змонтовані схеми автоматичного контролю і управління виробництвами гексогену, олеума, тротилу, регенерації кислот, ізомерів. З накопиченням виробничого досвіду ріс професіоналізм працівників.

Мета мого дипломного проекту пізнати технологію виробництва і запропонувати нове рішення. На сьогоднішній день ринок втратив необхідність великих обсягів ПНТ, це стало не рентабельно, тому я пропоную робити виробництво у вигляді маленьких схем, економічно недоцільно використовувати великі схеми. Випуск ПНТ з оптимальною собівартістю на виробничому майданчику ТОВ НВП Зоря з подальшою її переробкою на виробництві ТНТ дозволить випускати продукт високої якості, а також знизити втрати готового продукту при її очищенні.

Література:

1. Орлова Е. Ю. Хімія і технологія бризантних вибухових речовин, 1972. – 688 с. .
2. Нікольський Б. П. Довідник хіміка / Б.П. Нікольський., 1971. - 1 168 с. - (2).
3. 90-річчя РКХЗ «ЗОРЯ» Розділ 8 /– Рубіжне, 2007. – С. 6.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ДЕТОНАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО БЕНЗИНУ З ДОБАВКАМИ БІОЕТАНОЛУ

Бойченко С.В.¹, д.т.н., професор; Матвеева І.В.¹, д.т.н., доцент; Целіщев О.Б.², д.т.н., доцент; Лорія М.Г.², к.т.н., доцент; Кудрявцев С.О.², к.т.н., доцент; Леоненко С.В.².

¹ Національний авіаційний університет;

² Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Сучасні екологічні вимоги до якості моторних палив, а також підвищені вимоги до детонаційної стійкості автомобільних бензинів роблять актуальним додавання спиртмістких органічних високооктанових добавок в вуглеводневий бензини. Для України найбільш перспективною добавкою представляється біоетанол, так існує розвинута

інфраструктура із його виробництва, та зрозуміла логістика поставок по території України.

Але додавання лише біоетанолу може виявитись недостатнім для повного вирішення задачі із підвищення детонаційної стійкості, тому пошук методів для додаткового збільшення октанового числа ОЧ є актуальним науковим та практичним завданням. Перспективним уявляється застосування технології кавітаційної обробки спирт-вуглеводневих сумішей для створення високооктанових бензинів.

Мета проведених досліджень: встановлення впливу інтенсивності кавітаційної обробки на змінення октанового числа спирт-газоконденсатних сумішей.

Дослідження проводились на оригінальній лабораторній установці із тиском на кавітаційній форсунці 90 атм. Суміш біоетанолу (96% основного компоненту) та газового конденсату готувалась перед початком експерименту, та вже готова суміш підлягала кавітаційній обробці. Замірювання ОЧ здійснювалось октанометром SHATOX SX-150, що працює на базі аналізатора SX-300. Відхилення поміж паралельними замірами не перевищували 0,2 пункту. Максимальна похибка заміру октанового числа не перевищує 0,5 пункту. Діапазон вимірювання складає 40-135 пунктів. Постійний кавітаційний ефект досягається також шляхом декількох проходжень суміші через кавітаційні форсунки. Зменшення циклів кавітаційної обробки може досягатися шляхом збільшення тиску на форсунці до 150 атм, що підтверджено експериментально на дослідно-промисловій установці, де ефективний результат досягався за одну обробку. Більш низький тиск лабораторної установки обрано для виявлення залежності впливу домішок біоетанолу на процес, що в перспективі може привести до зменшення тиску нижче за 150 при оптимізації процесу для промисловості.

Зміна октанового числа за дослідницьким методом (RON) та за моторним методом (MON) від кількості циклів (інтенсивності) кавітаційної обробки для газового конденсату із добавкою біоетанолу на кавітаційній форсунці із тиском 90 атм.

ОЧ, пунктів	Кількість циклів кавітаційної обробки										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Газовий конденсат без добавки біоетанолу											
RON	78,6	78,3	78,7	79,0	79,1	79,2	79,2	79,3	79,3	79,5	79,6
MON	76,0	75,8	76,2	76,3	76,4	76,5	76,5	76,6	76,5	76,7	76,7
Газовий конденсат із добавкою 1% об. біоетанолу											
RON	81,1	82,5	83,1	83,6	84,6	84,8	85,5	85,8	86,0	85,5	86,2
MON	77,6	78,4	78,7	78,5	79,6	79,6	79,9	80,0	80,1	79,9	80,2
Газовий конденсат із добавкою 2% об. біоетанолу											
RON	90,8	91,1	91,3	91,3	91,7	91,6	91,4	91,4	91,8	91,6	91,7
MON	82,4	82,5	82,7	82,6	82,8	82,8	82,8	82,7	82,9	82,8	82,9
Газовий конденсат із добавкою 3% об. біоетанолу											
RON	93,9	94,4	94,1	94,4	94,4	94,5	94,5	94,6	94,6	94,7	94,6
MON	84,1	84,4	84,1	84,4	84,4	84,5	84,5	84,6	84,6	84,7	84,6
Газовий конденсат із добавкою 4% об. біоетанолу											
RON	94,9	95,0	95,1	95,1	95,1	95,3	95,7	95,4	95,4	95,5	95,7
MON	84,9	85,0	85,1	85,1	85,1	85,3	85,7	85,4	85,4	85,5	85,7
Газовий конденсат із добавкою 5% об. біоетанолу											
RON	96,3	96,5	96,6	96,9	97,0	97,0	97,0	97,0	96,9	96,8	97,2
MON	86,3	86,7	87,0	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2

При відсутності добавок біоетанолу ОЧ газового конденсату зросло майже на 1 пункт за дослідницьким методом, та 0,7 пункту за моторним методом при проведенні 10

циклів кавітаційної обробки. В середньому відбувалось зростання на 0,1 пункт за кожний цикл обробки.

Найбільш ефективною виявилась суміш 99% газового конденсату, та 1% біоетанолу. Вже просте механічне змішування конденсату та біоетанолу підвисило RON на 2,5 пункти, а MON зросло на 1,7 пункти. Загальний приріст RON склав 5,1 (в середньому 0,5 пункти за цикл обробки) пункти, а MON – 2,6 пункти (в середньому 0,25 пункти за цикл обробки).

Подальше збільшення кількості біоетанолу в суміші зменшує ефект від кавітаційної обробки, хоча початкові RON та MON значно вищі. Наприклад, для суміші 97% конденсату та 3% біоетанолу збільшилось майже на 15,3 пункти в порівнянні із чистим газовим конденсатом, а приріст MON склав 8,1 пункти. Під час кавітаційної обробки приріст RON та MON склав 0,7 та 0,5 пункти відповідно. Тобто, існує деяка оптимальна концентрація біоетанолу в суміші з газовий конденсатом, за якої кавітаційна обробка дає найбільший приріст октанового числа. На сьогодні, це експериментально встановлена концентрація 1% об'ємний біоетанолу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення оптимальної концентрації біоетанолу для кавітаційної обробки, на вплив числа циклів кавітації на приріст октанового числа, на знаходження оптимальної кількості циклів кавітаційної обробки, та на стійкість до розшарування суміші вуглеводнів та біоетанолу.

Література:

1. Целіщев О. Дослідження кавітаційної обробки моторних палив / О. Целіщев, М. Лорія // Проблеми хімотології. Теорія та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів: монографія [за заг. ред. проф. С. В. Бойченка]. – К. : Центр навчальної літератури, 2017. – Розділ. 1. – С. 29–32.

2. Моторные топлива. Кавитационный способ повышения их качества / А. Б. Целищев, И. И. Захаров, М. Г. Лория [и др.] // Хімічна промисловість України. – 2014. – №2 (121). – С. 39–42.

3. Целіщев О. Б. Дослідження кавітаційного способу перетворення моторних палив / О. Б. Целіщев, М. Г. Лорія, В. О. Носач // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – №4/4 (30). – С. 26–32.

4. Пат. 105427 Україна С10G2/00 Установка для переработки углеводневої сировини / О. Б. Целіщев, М. В. Кошовець, В. О. Носач, С. О. Голосов, М. Г. Лорія, П. Й. Єлісеєв; Заявл.25.06.2015; Опубл. 25.03.2016. Бюл. 6.й

ВЫБОР ОСАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ХЛОРИДНО-АММОНИЙНОГО ЦИНКОВАНИЯ

Кузьменкова О.Ю., Чепрасова В.И., Зальгина О. С. к.т.н., доц.

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)

Отработанные электролиты являются одним из видов отходов гальванического производства. В настоящее время они либо сбрасываются на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами, либо, реже отводятся отдельным потоком с последующим обезвреживанием. В обоих случаях происходит образование осадка, который в большинстве случаев хранится на территории предприятия и с которым теряются ценные дефицитные металлы.

Наиболее распространенными покрытиями являются цинковые, для нанесения которых используются различные типы электролитов: щелочные цианистые и цинкаты, кислые сульфатные и хлоридные, слабокислые хлоридно-аммонийные [1]. Как видно из таблицы 1, наибольшей экологической опасностью характеризуется хлоридно-аммонийный электролит, который и был выбран для дальнейших исследований. Высокая концентрация Zn^{2+} в отработанных хлоридно-аммонийных электролитах цинкования позволяет предположить возможность их использования в качестве вторичного сырья для получения цинксодержащих пигментов. При выборе осадителей в работе учитывалась возможность

получения наиболее распространенных пигментов, а также необходимость наиболее полного извлечения ионов цинка из отработанных электролитов.

Таблица 1 – Значения экологической опасности электролитов цинкования [1]

Наименование электролита	Интервал значений экологической опасности
цианистый электролит цинкования	$(1,0-5,0) \cdot 10^6$
цинкатный электролит цинкования	$(0,8-4,0) \cdot 10^6$
кислые электролиты цинкования	$(2,0-9,0) \cdot 10^6$
хлоридно-аммонийный электролит цинкования	$(1,8-12,0) \cdot 10^6$

Известные цинксодержащие пигменты, их состав и цветовые характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав и цветовые характеристики цинксодержащих пигментов [2]

Название пигмента	Химическая формула	Цвет
грунтовочный цинковый крон	$4\text{ZnO} \cdot \text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	желтый
малярный цинковый крон	$4\text{ZnO} \cdot x\text{CrO}_3 \cdot 1/4x\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, где $x = 4-2,5$	лимонный
желтый кадмий	$\text{CdS} \cdot 0,2\text{ZnS}$	светло-желтый
цинковая зелень	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ и $4\text{ZnO} \cdot \text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	зеленый
фосфат цинка	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $n = 2,0-4,0$	белый
цинковые белила	ZnO	белый
литопон	ZnS и BaSO_4	белый
циркон	ZnSiO_4	различный
виллемит	$2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$	ярко-синий
цинковая пыль	Zn	серый
феррит цинка	ZnFe_2O_4	бежевый

Наибольшее распространение среди цинксодержащих пигментов получили цинковые белила. В последнее время все чаще используется фосфат цинка, благодаря своим антикоррозионным свойствам.

Оксид цинка (цинковые белила) обычно получают методом химического осаждения термически нестабильных соединений цинка (гидроксидов или гидроксокарбонатов) с использованием в качестве осадителей растворов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , Na_2CO_3 и др. с последующим разложением полученных веществ с образованием ZnO [3]. Гидроксид цинка, полученный таким образом, выделяется в виде белого, аморфного осадка с переменным содержанием воды. Такой осадок плохо фильтруется, а при его сушке в газовую фазу переходит значительное количество воды, что увеличивает энергозатраты. Осаждение ионов цинка из растворов его солей карбонатами приводит к образованию основного карбоната цинка. При использовании в качестве осадителя раствора фосфата натрия Na_3PO_4 происходит образование фосфата цинка.

Осаждение ионов цинка в виде фосфата является более предпочтительным, поскольку фосфат цинка характеризуется гораздо более низким произведением растворимости ($9,1 \cdot 10^{-33}$), чем карбонат ($1,46 \cdot 10^{-10}$) или гидроксид ($3,0 \cdot 10^{-17}$). Это позволит обеспечить наибольшую степень извлечения ионов цинка из отработанных электролитов цинкования и наименьшую степень их миграции при использовании полученных материалов в качестве пигментов.

На основании вышеизложенного в работе было проведено осаждение Zn^{2+} из отработанного хлоридно-аммонийного электролита цинкования фосфатом натрия. В связи с тем, что в состав электролита помимо хлорида цинка входит хлорид аммония наблюдалось образование не только фосфата цинка $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, но и двойной соли фосфата цинка-аммония ZnNH_4PO_4 , что подтверждается данными рентгенофазового анализа. После

термообработки была получена смесь безводного фосфата цинка $Zn_3(PO_4)_2$ и пирофосфата цинка $Zn_2P_2O_7$ белого цвета.

Свойства полученного материала свидетельствуют о возможности его использования в качестве пигмента (таблица 3).

Таблица 3 – Состав и свойства полученного материала

Химический состав	Маслоемкость, г/100 г		Укрывистость, г/м ²	рН водной суспензии	Белизна, %
	I рода	II рода			
$Zn_3(PO_4)_2$ и $Zn_2P_2O_7$	32,5	41,9	101,2	6,7	98

Таким образом, для осаждения ионов цинка из отработанного электролита хлоридно-аммонийного цинкования был выбран фосфат натрия, что позволило получить пигмент белого цвета, который может использоваться в лакокрасочной, керамической и других отраслях промышленности.

Литература

1 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов» (ИТС 36-2017). Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва: Бюро НДТ. – 2017. – 228 с.

2 Пищ, И. В. Керамические пигменты / И. В. Пищ, Г. Н. Масленникова. – Мн.: БГТУ. – 2005. – 236 с.

3 Qu X., Jia D. Synthesis of octahedral ZnO mesoscale superstructures via thermal decomposing octahedral zinc hydroxide precursors // J. of Crystal Growth. – 2009. – V. 311. – p. 1223–1228.

К РАСЧЁТУ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ В УСТАНОВКАХ КЛАУСА

Платонов О.И., к.т.н.

ООО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург, Россия

Усовершенствованная технология переработки сероводорода по способу Клауса, с помощью которой из кислых газов нефте- и газопереработки в мире ежегодно извлекается не менее 20 млн.т. серы, включает термическую ступень окисления сероводорода при температуре свыше 1100⁰С. Охлаждение этого газа осуществляется в первичных котлах-утилизаторах (КУ), достоверный расчёт которых критически важен для обеспечения конденсации серы и последующей каталитической конверсии газа [1].

Чтобы оценить степень влияния поверхностной конденсации элементарной серы на эффективность теплопередачи в первичных котлах-утилизаторах установок Клауса, проанализированы тепловые характеристики работы котлов КУ-1 типа Г-710 на участке производства элементарной серы (УПЭС) Медного завода Заполярного филиала ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель». В качестве первичных котлов-утилизаторов КУ-1 УПЭС МЗ до 2003 г. использовались горизонтальные газотрубные котлы Г-710 производства Белгородского завода энергетического машиностроения, теплообменную поверхность (708 м²) и проходное сечение которых (1,568 м²) образуют 1032 дымогарных трубки диаметром 50/44 мм длиной 4960 мм.

Фактические значения коэффициента теплопередачи k в котлах КУ-1 УПЭС МЗ типа Г-710 показаны на Рис. точками в зависимости от массовой скорости потока $G = \rho w$ (ρ – плотность, w – расчётная скорость) на входе КУ-1, а прерывистая кривая соответствует их интерполяции степенной функцией:

$$k = 9,9791 G^{0,6724} \quad (1)$$

описывающей экспериментальные значения $k = k(G)$ с коэффициентом корреляции $R = 0,891$. Для сравнения, тонкой сплошной кривой на интервале массовой скорости: $\rho w = 4 \div 14,5$ кг/(м² сек), - показана зависимость $k(G)$, рассчитанная по нормативной методике [2] при значениях коэффициентов: теплопроводности $\lambda = 0,08$ ккал/(м·час⁰К) и динамической вязкости

$\mu=0,145264$ кг/(м час), - соответствующих составу и температуре охлаждаемого в КУ-1 УПЭС МЗ газа.

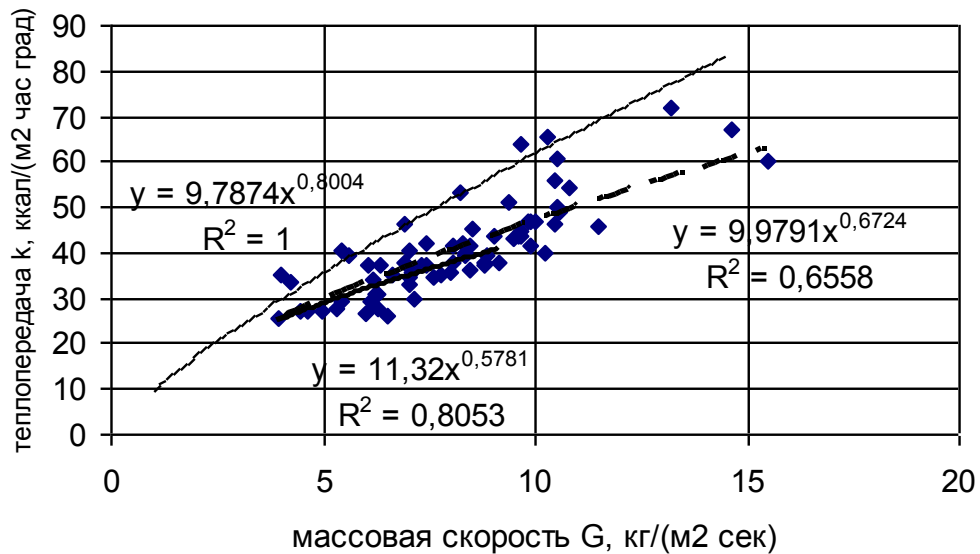


Рис.

Функция $k=k(G)$, наилучшим образом интерполирующая эмпирические значения коэффициента теплопередачи k со статистически значимыми значениями коэффициента корреляции ($R \approx 0,81$), является степенной, как и прогнозируется моделью однофазного потока [2]. Также степенной функцией:

$$k = 11,32 G^{0,5781}, \quad R^2 = 0,8053 \quad (2)$$

с коэффициентом корреляции $R_2=0,8974$ интерполируется эмпирическое распределение $k(G)$ в диапазоне допустимых значений массовой скорости: $G \leq 9,17$ кг/(м²сек). Соответствующая (2) зависимость $k(G)$, совпадающая в пределах статистического разброса значений k с генеральной зависимостью (1), показана на Рис.1 жирной кривой.

Отклонение эмпирических значений k от статистического распределения $k(G)$ в области значений аргумента свыше: $G > 9,36$ кг/(м²сек), - где фактические значения коэффициента теплопередачи k с ростом G резко увеличиваются, заметно отклоняясь от интерполяционных зависимостей $k(G)$, даваемых модельными соотношениями (1) и (2), обусловлено захлёбыванием проходного сечения КУ серой, что подтверждает наличие статистически достоверной (с коэффициентом корреляции: $R(S;k)=0,856$) зависимости k от массопотока серы S при $G \geq 9,36$ кг/(м²сек).

Наблюдаемый характер эмпирической зависимости $k(G)$ для коэффициента теплопередачи технологического газа в КУ-1 УПЭС МЗ, не описываемый имеющимися моделями однофазного потока, можно объяснить конденсацией элементной серы на поверхности теплообменных трубок котла-утилизатора. При малых и умеренных нагрузках: $G \leq 9,1$ кг/(м²сек), - тонкий слой сконденсированной серы на поверхности теплообмена снижает k , причём теплоизолирующий эффект плёнки серы при увеличении её толщины с ростом G усиливается. Однако с дальнейшим ростом массовой скорости при: $G \geq 9,36$ кг/(м²сек), - связанным с увеличением массопотока серы, эффективность теплообмена возрастает за счёт волнообразования на поверхности достаточно толстого слоя конденсата серы и/или брызгообразования.

В диапазоне массовой скорости: $G \leq 9$ кг/(м²сек), - значения коэффициента теплопередачи k в котлах-утилизаторах КУ-1 УПЭС МЗ типа Г-710 достаточно адекватно интерполируются эмпирической зависимостью (2), которая может быть использована в качестве модели $k(G)$ в расчётах теплообменной поверхности при выборе первичных котлоутилизаторов. Чтобы избежать захлёбывания серой, для КУ-1 УПЭС МЗ целесообразно ограничить рабочий диапазон нагрузок значениями массовой скорости: $G \leq 9$ кг/(м²сек). Это

условие ограничивает сверху и сильно сужает диапазон рабочих значений массовой скорости: $G = 4,8 \div 39 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$, - рекомендованных [3].

Результаты анализа выявили эффект поверхностной конденсации элементарной серы на реальную величину коэффициента теплопередачи в первичных котлах-утилизаторах установок получения серы, составляющего 0,7-0,85 от рассчитанного по модели однофазного потока. Это определяет необходимость при выборе первичных котлов-утилизаторов установок Клауса использовать соответственно скорректированные модели коэффициента теплопередачи в газотрубных котлах.

Литература

1. Платонов О. Особенности технологии получения серы из металлургических газов (физико-химические основы и практика). Saarbrücken, Germany: LAP - LAMBERT Academic Publishing, 2012. - 444 с.
2. Тепловой расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод) /Под ред. Н.В. Кузнецова и др./ – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
3. Parnell D. Look at Claus unit design//Hydrocarbon Processing. - 1985.- № 9. - P. 114-118.

СТЕКЛОВИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СМОГА

Дяденко М.В. к.т.н., доцент, Сидоревич А.Г. студентка 4 курса 8 группы
УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск)

В настоящее время вопросы экологии и защиты окружающей среды являются определяющими среди глобальных приоритетов мирового сообщества. Всемирной организацией здравоохранения электромагнитное излучение (ЭМИ) отнесено к одному из видов энергетического загрязнения окружающей среды, а электромагнитный смог определен как один из основных составляющих загрязнения окружающей среды. Биологическая активность электромагнитных полей возрастает с уменьшением длины электромагнитной волны и достигает максимального уровня в сверхвысокочастотной (СВЧ) области.

Основными механизмами защиты от СВЧ-излучения являются отражение, поглощение и многократное его отражение. В связи с этим приобретает актуальность проблема разработки качественно новых эффективных методов и средств защиты от СВЧ-излучений, в частности разработки составов радиозащитных стекол, ослабляющих воздействие такого рода излучения.

Целью данной работы является разработка составов легкоплавких радиозащитных стекол, обладающих низкой кристаллизационной способностью, требуемым показателем ослабления электромагнитного излучения СВЧ-диапазона.

В качестве основы для изучения выбрана система $\text{BaO-ZnO-PbO-B}_2\text{O}_3$, что обусловлено следующим. Вводимые катионы Ba^{2+} и Zn^{2+} являются крупными по размерам и легкополяризуемыми, что является причиной повышенного уровня диэлектрических потерь в сравнении с стеклами высококремнеземистых составов. Вместе с тем значительное количество PbO в составах стекол обуславливает их невысокое сопротивление.

Изучение кристаллизационной способности опытных стекол системы $\text{BaO-ZnO-PbO-B}_2\text{O}_3$ проводилось градиентным методом. По результатам градиентной кристаллизации в интервале температур 490–700 °С установлено, что образцы с содержанием 0,140–0,155 ZnO/PbO , характеризуются наличием поверхностной пленки. Это свидетельствует об их недостаточно высокой устойчивости стеклообразного состояния. Вместе с тем стекла остальных составов не проявляют признаки фазового разделения.

Плотность стекла характеризует количественное содержание массы вещества в единице объема. С одной стороны, знание плотности стекол позволяет оценить массу готового изделия, а с другой – степень постоянства плотности и химического состава стекол характеризует однородность стекла. Кроме того, плотность является одним из факторов, определяющих величину коэффициента стоячей волны (КСВ): чем выше плотность, тем

большее количество электромагнитного излучения может быть отражено стеклом. Плотность стекол определялась методом гидростатического взвешивания.

Определяющее влияние на величину плотности опытных стекол оказывает оксид PbO. Установлено, что наиболее оптимальной с точки зрения получения радиозащитных стекол является область, включающая 15–20 % B_2O_3 .

Энергия радиоволны при ее распространении в веществе преобразуется в другие виды энергии, в частности в электрическую и тепловую. В связи с этим разрабатываемый материал должен обладать полупроводниковыми свойствами и характеризоваться термостойкостью.

Термостойкость зависит в первую очередь от температурного коэффициента линейного расширения, определение которого осуществляли dilatометрическим методом [1]. По результатам исследований установлено, что ТКЛР стекол системы $BaO-ZnO-PbO-B_2O_3$ изменяется в пределах от $75,40 \cdot 10^{-7}$ до $103,26 \cdot 10^{-7} K^{-1}$. Минимальные показатели ТКЛР характерны для опытных стекол, содержащих в своем составе 0,23–0,33 ZnO/PbO.

Показатель ослабления опытных стекол оценивался в диапазонах 8–11,3 ГГц и 26–35 ГГц. На его величину, главным образом, оказывают влияние релаксационные и деформационные потери [2].

На рисунке приведено влияние ZnO, вводимого взамен PbO, на величину показателя ослабления опытных стекол системы $BaO-ZnO-PbO-B_2O_3$.

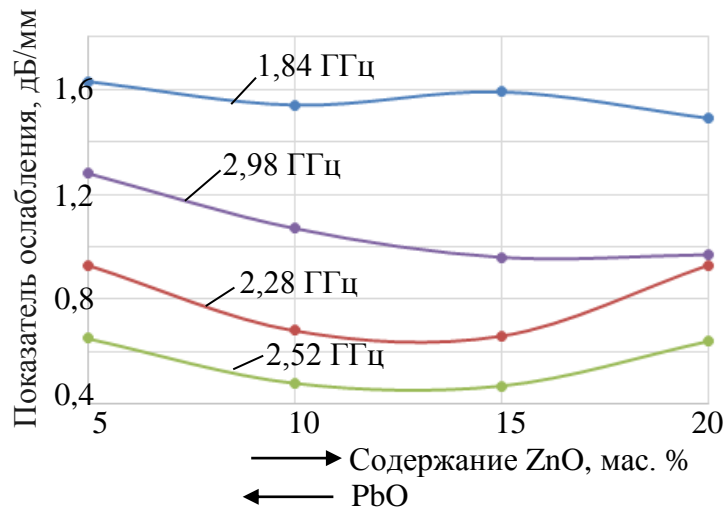


Рисунок – Зависимость показателя ослабления опытных от содержания ZnO

Как следует из рисунка, величина показателя ослабления электромагнитного излучения определяется главным образом частотой прилагаемого электрического поля. Так, максимальная величина показателя ослабления наблюдается при частоте 1,84 ГГц. Вместе с тем, введение ZnO в состав опытных стекол взамен PbO в количестве от 5 до 20 мас. %, несколько снижает данный показатель.

Экспериментально определено, что увеличение содержания PbO от 60 до 70 мас. % при всех частотах поля обуславливает снижение КСВ. Дальнейшее повышение оксида свинца от 70 до 75 мас. % вызывает рост данного показателя и тем интенсивнее чем выше частота поля (для частот 1,84, 2,28 и 2,52 ГГц).

С целью подтверждения интерпретации полученных результатов проведено изучение структуры исследуемых стекол с помощью ИК-спектроскопии. Данный метод позволяет получить сведения о строении стекол, наличии основных структурных группировок и различных функциональных групп.

Установлено наличие следующих полос на полученных ИК-спектрах опытных стекол: полоса поглощения в области $1200-1400\text{ см}^{-1}$ обусловлена асимметричными колебаниями связей В–О в треугольниках $[BO_3]$, в области $800-1000\text{ см}^{-1}$ – колебаниями связей В–О в тетраэдре $[BO_4]$, полоса поглощения в области 700 см^{-1} – изгибом мостиковых связей $V_{III}-O-V_{IV}$.

По результатам изучения радиофизических свойств опытных стекол можно сделать вывод, что стекла, содержащие в своем составе 0,23–0,33 ZnO/PbO и 60–65 мас. %, в наибольшей степени ослабляют электромагнитное излучение СВЧ-диапазона.

Литература:

1. Бобкова Н. М., Папко Л.Ф. Химическая технология стекла и ситаллов. – Минск: БГТУ, 2005. – 196 с.
2. Павлушкин Н. М. Химическая технология стекла и ситаллов. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ КОБАЛЬТУ(II) І ЦИНКУ ГІДРОГЕНФОСФАТІВ

Антрапцева Н. М.¹ д.х.н., проф., Коваль Л. Б.² к.х.н., с.н.с.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України

Питанням розробки енерго- і ресурсозберігаючих технологій, що дозволяють раціонально використовувати запаси енергії і сировини, останнім часом приділяється особлива увага. Це стосується й технології твердих розчинів гідратованих фосфатів двовалентних металів, які є основою для створення багатьох функціональних матеріалів.

Умови утворення твердих розчинів гідрогенфосфатів кобальту-магнію, мангану(II)-цинку досліджено [1]. Стосовно твердого розчину кобальту(II) і цинку гідрогенфосфатів даних для вдосконалення способу його одержання в літературі недостатньо.

Мета даної роботи – визначити умови, що забезпечують одержання твердого розчину кобальту(II) і цинку гідрогенфосфатів з мінімальними витратами сировини.

Під час вибору умов спільного осадження катіонів Co^{2+} і Zn^{2+} у вигляді гідрогенфосфатів в окремих серіях дослідів уточнювали умови одержання індивідуальних гідрогенфосфатів $\text{CoHPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ та двох відомих цинк гідрогенфосфатів – $\text{ZnHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ і $\text{ZnHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ стосовно реакції взаємодії гідроксокарбонатів з фосфатною кислотою.

Умовами, що забезпечують утворення $\text{CoHPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ виявилися такі: рН в межах 1.9–3.2, температура – 20–90°C, концентрація водного розчину фосфатної кислоти – 50–87%. Враховуючи літературні дані, згідно яким отримати індивідуальні цинк гідрогенфосфати проблематично, досліджували три різні способи їх осадження. Перший з них передбачав осадження $\text{ZnHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ або $\text{ZnHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ при рН 0.5–1.3 і 25–75°C з фосфорнокислих розчинів, одержаних взаємодією цинк гідроксокарбонату з фосфатною кислотою. Відповідно до другого способу, розглядалась можливість одержання цинк гідрогенфосфатів з водно-спиртових фосфорнокислих розчинів, в яких варіювали співвідношення $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ і $\text{Zn}:\text{P}_2\text{O}_5$. Згідно з третім способом, вивчали можливість виділення $\text{ZnHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ або $\text{ZnHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ висолуванням ацетоном або спиртом з фосфорнокислих розчинів, одержаних при рН 0.5–1.3. Одержані результати показали, що жодним способом неможливо виділити цинк гідрогенфосфати стехіометричного складу. Фосфати, що осаджуються, містять не менш як дві кристалічні фази.

Тому під час визначення умов одержання твердого розчину кобальту(II) і цинку гідрогенфосфатів розглядалася можливість їх утворення лише на основі структури індивідуального кобальту(II) гідрогенфосфату – $\text{CoHPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$. Спільне осадження катіонів Co^{2+} і Zn^{2+} здійснювали за умов: рН 2.4, температура – 75°C, 55 % розчин фосфатної кислоти. Співвідношення $K=\text{Co}/\text{Zn}$ (мольне) у складі вихідних гідроксокарбонатів змінювали у межах 60.0–5.0.

Згідно з результатами комплексного аналізу фосфати, одержані за умов $7.0 \leq K \leq 60.0$, ідентифіковані як гідрогенфосфати, структура яких аналогічна структурі $\text{CoHPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$. Вміст інгредієнтів в їх складі ставить 31.73–28.07 мас.% Co, 0.65–4.75 мас.% Zn, характеризуючи утворення твердого розчину $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{HPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$, області гомогенності

якого визначено як $0 < x \leq 0.13$. Спроби збільшити вміст цинку в складі вихідних реагентів до $K < 7.0$ призводять до утворення суміші двох кристалічних фаз.

Отже, визначено оптимальні умови одержання твердого розчину кобальту(II) і цинку гідрогенфосфатів складу $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{HPO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ ($0 < x \leq 0.13$). Вдосконалений спосіб практично виключає втрати сировини. Вихід готового продукту досягає 96–98%.

Література

Антрапцева Н.М. Тверді розчини та подвійні фосфати двовалентних металів / Н.М. Антрапцева, Н.В. Солод. – К : ТОВ "Центр поліграфії "КОМПРИНТ", 2018. – 443 с.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СИНТЕЗ ЛІНІЙНИХ І ЦИКЛІЧНИХ КОНДЕНСОВАНИХ ФОСФАТІВ МАНГАНУ(II)-КОБАЛЬТУ(II)

Антрапцева Н. М.¹ д.х.н., проф., Біла Г. М.² к.х.н., доц.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Національний університет харчових технологій

В останні роки в усьому світі, в тому числі і в Україні, відчуваються труднощі з енергетичним забезпеченням. Тому розробка і вдосконалення енергозберігаючих технологій в хімічній промисловості є дуже актуальними.

У доповіді обговорюються питання енергозберігаючого синтезу лінійних і циклічних конденсованих фосфатів мангану(II)-кобальту(II) двома різними способами. Один з них – відомий спосіб синтезу конденсованих фосфатів з розплавів солей або шляхом високотемпературної гетерофазної взаємодії оксидів металів з дигідрогенфосфатом амонію. Другий спосіб набагато менш енергоємний, ніж відомі способи. Він передбачає отримання конденсованих фосфатів низькотемпературним зневодненням відповідних гідратованих солей в інтервалі 300-350°C.

Для практичної реалізації синтезу конденсованих фосфатів мангану(II)-кобальту(II) з різною будовою аніона зневодненням дигідрогенфосфатів дигідратів та керування цим процесом необхідні надійні дані про склад продуктів часткового і повного зневоднення, температурні інтервали їх утворення і термічної стабільності.

Стосовно термообробки $\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ досліджено його поведінку в динамічних умовах нагрівання [1]. Однак, більшість практичних технологічних процесів випалювання кристалогідратів здійснюють в ізотермічних умовах. Такі дані про дигідрогенфосфати загальної формули $\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в літературі відсутні.

Мета даної роботи – встановити умови синтезу лінійних і циклічних конденсованих фосфатів мангану(II)-кобальту(II) низькотемпературним зневоднення в ізотермічних умовах дигідрогенфосфатів складу $\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Термообробку $\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($0 < x < 1.0$) виконували в інтервалі 100-350°C (± 5), витримуючи зразок при заданій температурі протягом 0.5, 1.5, 3.0, 5.0 і 7.0 годин. В продуктах зневоднення визначали загальний вміст фосфору і аніонний склад з кількісною оцінкою вмісту кожного з полімерних фосфатів, аналогічно описаному в [2].

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що термообробка дигідрогенфосфату складу $\text{Mn}_{0.5}\text{Co}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при 100°C протягом 0.5–7.0 годин супроводжується утворенням гетерофазної суміші твердої і рідкої фаз, що містять лише монофосфатний аніон. Конденсація аніона починається при нагріванні вихідного кристалогідрату до 150°C. У разі його термообробки при 150°C протягом 0,5 годин у твердій фазі утворюється 11,2% ди- і 2,0% трифосфату. Збільшення тривалості випалу до 7 годин сприяє збільшенню ступеня поліконденсації до $n = 4$. Зразок, витриманий 7 годин при 225°C, являє собою найбільш складну суміш полімерних фосфатів з лінійною будовою аніона, ступінь поліконденсації фосфатного аніону в якій досягає 9.

Утворення фосфату з циклічною будовою аніона – циклотетрафосфату (до 6,0% P_2O_5) відбувається за витримання $\text{Mn}_{0.5}\text{Co}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при 275°C протягом 3

години. У разі збільшення тривалості термообробки за цієї температури до 7 годин 88% від загального вмісту $P_2O_{5\text{соли}}$ перебуває у вигляді фосфату з циклічною будовою аніона. При 350°C тверда фаза представлена практично одним конденсованим фосфатом, надійно ідентифікованим як безводний циклотетрафосфат складу $MnCoP_4O_{12}$.

Отримані результати, у цілому, корелюють з даними, одержаними під час дослідження складу полімерних продуктів термолізу дигідрогенфосфатів загальної формули $Co_{1-x}Zn_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ [2]. Відміни, що стосуються ступеня полімеризації конденсованих фосфатів та температурних режимів їх утворення, відображують вплив природи катіона на процеси аніонної конденсації.

Кореляції, визначені між температурою, тривалістю термообробки гідратованих фосфатів $Mn_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ($0 < x < 1.0$) та вмістом у продуктах випалу лінійних і циклічних конденсованих фосфатів дозволяє вибрати оптимальні умови синтезу різних за складом і будовою аніона полімерних фосфатів.

Література

1. Антрапцева Н.М. Термоліз $Mn_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ / Н.М. Антрапцева // Укр. хім. журн. – 1997. – Т.63, №4. – С. 97–103.
2. Антрапцева Н.М. Полімерні продукти термолізу $Co(II)$ - Zn дигідрогенфосфатів / Н.М. Антрапцева, О.В. Турко, Л.Б. Коваль // Тези доповідей XIX Української конференції з неорганічної хімії за участю закордонних учених, Одеса, 7–11 вересня 2014 р. – Одеса: Вид-во КП ОМД, 2014. – С.187.

ВПЛИВ УМОВ СПІЛЬНОГО ОСАДЖЕННЯ ЦИНКУ І МАГНІЮ ФОСФАТІВ НА ОБЛАСТІ ГОМОГЕННОСТІ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ

Антрапцева Н. М. д.х.н., проф., Кравець В.А.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

Робота виконана в плані визначення умов одержання гідратованих твердих розчинів з максимальною областю гомогенності, що надає можливість змінювати в широких межах не лише склад, а й фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики нових неорганічних матеріалів, що створюють на їх основі.

Дослідження умов одержання твердого розчину цинку і магнію фосфатів описано в роботах [1,2]. Автори [1] вивчали умови спільного осадження цинку і магнію фосфатів під час взаємодії відповідних гідроксокарбонатів з розчином фосфатної кислоти. При цьому основну увагу приділяли визначенню залежності складу твердого розчину від співвідношення цинку і магнію у складі вихідних гідроксокарбонатів. В роботі [2], крім того, розглядалися умови осадження твердого розчину $Zn_{3-x}Mg_x(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ під час гомогенної взаємодії водних розчинів солей цинку і магнію та осаджувача. Однак, і в цієї роботі основний акцент зроблений на встановленні залежності складу твердого розчину від складу вихідних реагентів.

Відсутність цілеспрямованих досліджень щодо виявлення впливу умов спільного осадження цинку і магнію фосфатів (в першу чергу рН) на області гомогенності твердого розчину визначило мету даної роботи.

Синтез твердого розчину цинку і магнію фосфатів здійснювали спільним осадженням катіонів Zn^{2+} і Mg^{2+} з водних розчинів їх солей, використовуючи обмінну взаємодією між сумішшю розчинів сульфатів цинку і магнію та осаджувачем, аналогічно описаному в [2]. В якості осаджувача використовували водні розчини Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 або їх суміш. Співвідношення в складі вихідних розчинів $n = P/\sum Zn^{2+}$, Mg^{2+} підтримували рівним 0.67, співвідношення катіонів $K = Zn^{2+}/Mg^{2+}$ варіювали в межах 25.0–1.5 мол. %. Концентрацію вихідних розчинів змінювали в інтервалі 0.05–0.25 моль/л, температуру осадження фіксували 50 – 75°C .

Хімічним аналізом у складі осаду визначали вміст фосфору ваговим хінолінмолібдатним методом, цинку і магнію – комплексонометричним титруванням.

Ідентифікацію фосфатів виконували за допомогою рентгенофазового (ДРОН-4М, CuK α) і ІЧ спектроскопічного (спектрометр Nexus-470, діапазон частот 400-4000 см⁻¹, пресування 0.05% мас. фіксованої наважки в матрицю калію броміду) методів аналізу.

Результати комплексного дослідження твердої фази свідчать про те, що варіюючи під час осадження в системі ZnSO₄-MgSO₄-Na₂HPO₄ (або суміші Na₂HPO₄ і Na₃PO₄) -H₂O склад вихідних реагентів та умови їх взаємодії, можна отримати твердий розчин цинк і магнію фосфатів загальної формули Zn_{3-x}Mg_x(PO₄)₂·4H₂O, області гомогенності якого змінюються залежно від значення рН реакційного середовища.

Для визначення впливу рН спільного осадження Zn²⁺ і Mg²⁺ на області гомогенності Zn_{3-x}Mg_x(PO₄)₂·4H₂O в окремих серіях дослідів визначали склад твердого розчину, що утворюється за використання різних осаджувачів.

Результати аналізу фосфатів, що утворюються у разі застосування в якості осаджувача водного розчину Na₂HPO₄ (забезпечує рН осадження в межах 2.32-4.16) свідчать про те, що в системі ZnSO₄-MgSO₄-Na₂HPO₄-H₂O осаджуються фосфати, ідентифіковані як твердий розчин Zn_{3-x}Mg_x(PO₄)₂·4H₂O з областю гомогенності, яку визначено як 0 < x ≤ 0.56. Вміст інгредієнтів у складі фосфату, що відповідає насиченому твердому розчину - Zn_{2.46}Mg_{0.54}(PO₄)₂·4H₂O - становить, мас. %: цинку - 35.8, магнію - 3.2, фосфору - 14.13.

Використання в якості осаджувача водного розчину суміші Na₂HPO₄ і Na₃PO₄ за їх співвідношення 2:1 (рН осадження 3.14-5.54) забезпечує розширення області гомогенності твердого розчину фосфатів цинку і магнію до 0 < x ≤ 0.69.

Твердий розчин з максимальним значенням x з області гомогенності (0 < x ≤ 1.00) - Zn_{2.0}Mg_{1.0}(PO₄)₂·4H₂O - утворюється у разі осадження Zn²⁺ і Mg²⁺ розчином складу Na₂HPO₄:Na₃PO₄ = 1:1 (рН осадження 3.32-5.87). Вміст усіх інгредієнтів у складі твердого розчину можна змінювати в межах, мас. %: Zn - 41.1-31.9, Mg - 0.9-5.9, P - 13.75-14.97.

Отже, у разі одержання твердого розчину складу Zn_{3-x}Mg_x(PO₄)₂·4H₂O область його гомогенності досягає максимального значення (0 < x ≤ 1.00) за осадження при рН 3.32-5.87, що забезпечує використання осаджувача складу Na₂HPO₄:Na₃PO₄ = 1:1.

Література

1. Антрапцева Н.М. Оптимальні умови синтезу гідратованих цинк-магній фосфатів / Н.М. Антрапцева, С.А. Приймак // Технологія-2016 : Матеріали міжнар. наук.-техн. конф., 22-23 квіт. 2016 р., м. Северодонецьк. Ч.І / укл. Тарасов В.Ю. - Северодонецьк : Технол. ін-т СНУ ім. В. Даля, 2016. Ч. І. - С. 135.
2. Антрапцева Н.М. Оптимальні умови синтезу біологічно активної добавки на основі фосфатів цинку-магнію / Н.М. Антрапцева, С.А. Приймак, Г.М. Біла // International periodic scientific journal / Modern engineering and innovative technologies. - 2018. - V.5, N3. - P.107-111.

ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ ТА АМІАКУ ПРИ КАТАЛІТИЧНОМУ ВІДНОВЛЕННІ ОКСИДІВ АЗОТУ

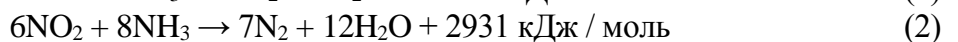
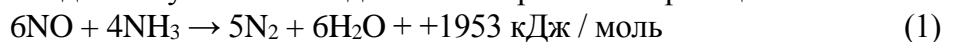
Вішталюк О.І.¹, ст. гр. ПЕО-18д, к.т.н., інженер Тюльпінов Д.О.², асистент Чумак В.О.¹

¹ Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,

² ООО ТОВ „Науково-проектний інститут хімічних технологій (Хіммтехнологія)

У виробництві аміаку постійно в атмосферу викидаються димові гази після печі риформінгу.

Димові гази після трубчастої печі містять оксиди азоту, сірки, монооксид вуглецю, аміак. Оксиди азоту є найбільшим фактором забруднення. Для зниження вмісту окислів азоту в димових газах печі первинного риформінгу на виробництві застосовується метод гомогенного відновлення оксидів азоту аміаком. Відновлення протікає по реакціях:



Метод заснований на відновленні NO до N₂ та H₂O в присутності відновника - аміаку (NH₃) і призначений для очищення відхідних газів систем спалювання від оксидів азоту.

Перша реакція переважає при температурі газового потоку в інтервалі 880 - 1000 °С. Починаючи з 1100 °С внесок реакції стає істотним і спостерігається небажане утворення NO.

Таким чином, процес відновлення дуже чутливий до температури і найбільш ефективний в досить вузькому температурному інтервалі 970 ± 50 °С. Експериментальні дані наочно демонструють зв'язок селективності процесу зі зміною температури. Додавкa водню знижує нижню температурну межу, і таким чином значно розширюється дозволений температурний інтервал. При мольному відношенні $H_2: NH_3 = 2:1$ відновлення оксидів азоту відбувається досить швидко при температурі близько 700 °С.

Витрати природного газу є однією з найбільших проблем виробництва аміаку. Близько 50% природного газу у виробництві аміаку спалюється на стадії конверсії метану для забезпечення необхідної температури процесу. При цьому ефективність при розігріванні каталізатора таким способом знижується за рахунок низької теплопередачі газу.

Крім того у теперішній час технологічні процеси хімічних виробництв, що застосовують каталізатори, мають істотний недолік. Він полягає в розсіюванні тепла, призначеного для досягнення певної температури, по всьому середовищу, в той час як перетворення відбуваються тільки на поверхні каталізатора (розділу фаз).

Реальним рішенням цих проблем є застосування електропровідних каталізаторів.

На відміну від своїх аналогів електропровідні каталізатори дозволяють проводити процеси при максимальному перетворенні речовин, без зниження швидкості реакції, з меншими витратами енергії.

Застосування цього каталізатору, робить абсолютно нове вирішення проблеми енергозбереження, раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Це можливо завдяки тому, що енергія спрямована не на досягнення певної температури у всій середовищі (у всій фазі), а на поверхню розділу фаз (поверхня каталізатора) і досягається завдяки нагріванню каталізатора, за рахунок пропускання через нього електричного струму.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК TiO_2 , CeO_2 , Cr_2O_3 НА СВОЙСТВА ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ В СИСТЕМЕ $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$

Шиманская А.Н. к.т.н., ассистент, Никадон Е.М.

Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), г. Минск

Как известно, в системе $Li_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ образуются три малорасширяющиеся кристаллические фазы: эвкрипит ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), сподумен ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) и петалит ($Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8SiO_2$) [1, 2]. Однако для технологии керамики наибольший интерес представляет сподумен, поскольку сподуменная керамика характеризуется высокой термостойкостью, например, выдерживает охлаждение в проточной воде после нагревания до 1100 °С.

Целью настоящего исследования является разработка составов термостойких материалов на основе системы $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$, обладающих требуемым комплексом физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик. В качестве сырьевых материалов использовалась огнеупорная глина, каолин, карбонат лития и песок кварцевый. Пределы содержания компонентов подбирались таким образом, чтобы соотношение оксидов Li_2O , Al_2O_3 и SiO_2 соответствовало области кристаллизации сподумена. Для обеспечения стабильных значений ТКЛР литийалюмосиликатных керамических материалов, а также образования максимального количества сподумена использовались добавки оксидов титана (IV), хрома (III) и церия (IV), которые вводились в количестве 1,5 и 3,0 мас.% сверх 100 %.

Образцы термостойкой керамики изготавливались по технологии полусухого прессования со шликерной подготовкой массы. Предварительно подготовленные и отдозированные весовым способом согласно рецепту компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице Speedy-1 (Италия) в течение 20 мин до остатка на контрольном сите № 0063 в количестве не более 1–2 мас.%. Соотношение масс материалов, мелющих тел и воды составляло 1:1,2:0,8. Пресс-порошок готовился путем обезвоживания полученной глинистой суспензии в сушильном шкафу марки SNOL

58/350 (Литва) при температурі 100 ± 5 °С, измельчения с последующим увлажнением до влажности $6 \pm 0,5$ мас. % и гранулированием через сито № 1. Полученный порошок ($W = 6-7$ мас. %) вылеживался в течение 3 сут. в закрытой таре с целью усреднения влажности. Образцы формовались методом полусухого прессования в виде плиток ($50 \times 50 \times 5$) мм на лабораторном прессе GTGabTecSRL (Италия) при давлении 8–12 МПа. Сушка полуфабриката проводилась в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °С. Обжиг образцов производился в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 (Литва) при $(1175-1250) \pm 10$ °С с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч. Скорость подъема температуры составляла 250 °С/ч.

Экспериментальное исследование включало определение кажущейся плотности и водопоглощения методом насыщения и гидростатического взвешивания (ГОСТ 2409–2014), ТКЛР (ГОСТ 27180–2001), механической прочности при изгибе (ГОСТ 8462–85). Термостойкость определялась последовательным нагреванием и охлаждением испытываемых изделий согласно ТУ РБ 02071837-002-96. Микроструктура образцов исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM–5610 LV с системой химического анализа EDX JED–2201 JEOL (Япония). Для определения вида и состава кристаллических фаз использовался рентгеновский метод исследования с помощью дифрактомера ДРОН-2.

Как видно из таблицы, с увеличением температуры обжига происходит закономерное снижение значений водопоглощения, открытой пористости и соответственно повышение кажущейся плотности материалов, связанное с интенсификацией процесса спекания. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективными минерализаторами являются диоксид церия, вводимый в количестве 1,5 и 3,0 мас. % сверх 100 %, а также оксид хрома (III) – 3,0 мас. %. Максимальные значения механической прочности при изгибе наблюдаются у образцов термостойкой керамики 7 состава.

Таблица – Физико-химические свойства опытных образцов

Шифр состава	Вид используемой добавки / количество, мас. %	Свойства образцов при температуре обжига, °С											
		водопоглощение, %				кажущаяся плотность, кг/м ³				механическая прочность при изгибе, МПа			
		1175	1200	1225	1250	1175	1200	1225	1250	1175	1200	1225	1250
1	–	21,6	21,5	21,2	20,3	1509	1500	1510	1560	133,1	152,6	120,2	134,5
2	TiO ₂ / 1,5	21,5	21,2	21,1	20,4	1547	1510	1574	1578	98,2	176,4	140,1	140,8
3	TiO ₂ / 3,0	19,2	21,4	21,3	21,2	1551	1530	1598	1583	126,1	195,7	141,6	142,6
4	CeO ₂ / 1,5	19,4	18,0	16,8	16,0	1631	1630	1647	1698	134,4	189,7	136,0	144,8
5	CeO ₂ / 3,0	22,7	18,7	17,3	17,0	1622	1625	1651	1698	128,3	192,2	135,4	143,9
6	Cr ₂ O ₃ / 1,5	18,7	22,7	20,5	19,9	1543	1520	1553	1555	121,6	190,4	117,2	144,9
7	Cr ₂ O ₃ / 3,0	21,6	18,5	18,0	18,0	1610	1600	1626	1639	145,4	208,5	140,6	167,1

Выявлено, что оптимальными значениями ТКЛР, стабильными в температурном интервале обжига – 1175–1250 °С, обладают образцы с добавками диоксида титана – 1,5 и 3,0 мас. %.

Образцы литийалюмосиликатной керамики составов 1, 3, 5, 7 выдержали 50 термоциклов (15–800) °С без появления дефектов.

Рентгенофазовый анализ показал наличие таких кристаллических фаз, как β-сподумен (LiAlSi₃O₈), алюмосиликат лития (Li₂Al₂Si₃O₁₀), β-кварц (β-SiO₂), а также кристаллов Cr₂O₃, TiO₂ и CeO в зависимости от используемой добавки. Причем количество β-сподумена возрастает с повышением температуры за счет перекристаллизации алюмосиликата лития Li₂Al₂Si₃O₁₀.

Следует отметить, что добавка диоксида титана, в отличие от оксида хрома (III) и диоксида церия, способствует полной перекристаллизации Li₂Al₂Si₃O₁₀, рентгенофазовый

анализ выявил наличие только β -сподумена при 1225–1250 °С.

Микроструктура материала имеет вид спекшегося стеклокристаллического массива без четко выраженных границ зерен и характеризуется присутствием значительного количества пор различной конфигурации, размер которых составляет от 10 до 50 мкм. Установлено, что при введении добавок диоксидов церия и титана, а также оксида хрома (III) наблюдается уменьшение размера пор в синтезированных материалах. Таким образом, в проведенных экспериментальных исследованиях показана эффективность применения добавки диоксида титана в количестве 3,0 мас. % сверх 100 % для получения термостойкого материала со стабильными значениями ТКЛР.

Литература

1. Бобкова Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – Минск: Выш. шк., 2007. – 301 с.
2. Суздальцев Е.И., Ермолаев А.С. Литийалюмосиликатная система. Формирование кристаллических соединений и их свойства. Часть II // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 11–12. – С. 19–22.

НЕФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ САНИТАРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Левицкий И.А., д.т.н., профессор; Подгорнов Д.С.

Белорусский государственный технологический университет

Целью исследований является разработка ресурсосберегающих составов цирконсодержащих нефриттованных глазурей для санитарных керамических изделий однократного обжига.

Для синтеза глазурей выбрана композиция исходных материалов, в которой переменными компонентами являлись следующие составляющие, %¹: кварцевый песок марки ВС-030-1 (Республика Беларусь), вводимый в количестве 5,0–17,5; мел марки ММС-2 (Россия) – 15–25; пегматит FS-700 (Россия) – 32,5–45,0 с шагом варьирования 2 %. Постоянными составляющими композиций являлись глина огнеупорная «Веско-Гранитик», тальк марки МТ 10-99К МИТОЛ, волластонитовый концентрат KRMP 605982, циркобит марки МО и каолин просяновский марки КН-83. Постоянные составляющие вводились в количестве 30 %.

Глазурные суспензии готовились мокрым помолом составляющих до остатка на сите №0056 в количестве не более 0,5–0,7 % при влагосодержании 45 – 47 %. Плотность глазурной суспензии составляла $(1,2–1,4) \cdot 10^3$ кг/м³. Глазурные суспензии наносились на поверхность высушенного до влажности не более 2% полуфабриката изделий методом полива. Обжиг образцов производился в туннельной газопламенной производственной туннельной печи «SACMI» (Италия) при температуре 1200 ± 10 °С в течение 24 ч.

Покрытия синтезированных глазурей характеризовались равномерным слоем с высоким качеством разлива, растекания, блеска и белизны. Дефекты глазури отсутствовали.

Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), исследованный с применением электронного dilatометра типа DIL 402PC фирмы «NETZCH» (Германия), составил $(58,4–63,7) \cdot 10^{-7}$ К⁻¹ при значении ТКЛР керамической основы $57,6 \cdot 10^{-7}$ К⁻¹. Значения ТКЛР покрытий закономерно возрастали с повышением содержания глазурной шихте пегматита, введенного взамен кварцевого песка и мела, что обусловлено повышением содержания оксидов щелочных металлов (K₂O и Na₂O), вносимых данным сырьевым материалом.

¹ - здесь и далее по тексту приведено массовое содержание, (мас.%)

Микротвердсть покритий дослідувалась на приборе Wolpert Wilson Instruments (Германия). Для дослідованих покритий її значення склали 4180–5450 МПа і зростали при підвищенні вмісту мела в складі сирових сумішей. Причиною даного обставлення, по нашому мненню, явилось підвищення ступеня кристалізації глазурного покриття і зниження частки стекловидної складової, значення микротвердості якої звичайно нижче кристалічної.

Блеск і белизна покритий визначалась з допомогою блеско-белизномера ФБ-2 (Россия) з використанням в якості еталонів чорного фіолетового скла і баритової пластинки відповідно. Значення блиску покритий знаходились в інтервалі 64–73 %, а белизни – 87–94 %. Показатели блиску закономірно зростали з підвищенням вмісту пегматита, введенного взаєм як кварцевого піску, так і мела. Причиною цього являється утворення великої кількості стекловидної складової в покритті.

Белизна глазури зростала з ростом вмісту мела, введенного взаєм кварцевого піску і пегматита. Причиною цього, являється підвищення частки кристалічної складової глазури, що може бути викликане зростанням вмісту цирконійсодержащої і інших кристалічних глушачих фаз покриття.

Термостійкість зразків визначалась в відповідності з методикою ГОСТ 13449 двукратним кипінням в течение 3 ч при температурі $110\pm 3^\circ\text{C}$ в 50 % розчині хлориду кальцію з наступним різким охолодженням до $3\pm 1^\circ\text{C}$ в розчині фуксину і витримкою в ньому 1 ч після першого кипіння і 2 ч – після другого. Всі покриття являлись термічно стійкими.

Хімічна стійкість глазурних покритий дослідувалась також по ГОСТ 13449 шляхом витримки зразків в течение 1 ч паралельно в 3-х розчинах: в 20 % розчині серної кислоти, 20 % розчині соляної кислоти і 5 % розчині КОН. Всі синтезовані покриття виявились хімічно стійкими.

Рентгенофазовий аналіз покритий дослідувался шляхом зняття рентгенограм на рентгеновському дифрактометрі D8 ADVANCE фірми «Brucker» (Германия) при CuK_α – випромінюванні. Для ідентифікації кристалічних фаз використовувалась програмне забезпечення DIF-FRAC PLUS фірми «Brucker».

Установлено, що преобладаючими кристалічними фазами покритий являються циркон (ZrSiO_4) і анортит ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$). Причому дифракційні максимуми циркона зменшуються з підвищенням кількості введенного мела в складі глазурних композицій. Це дозволяє передположити, що з підвищенням вмісту мела, знижуючого в'язкість глазурного розплаву, відбувається збільшення його кількості. Це призводить до більш інтенсивного плавлення цирконіту, що знижує ступінь заглушеності покритий. Аналогічне діє і пегматит, який знижує ступінь глушення покритий.

Дослідження структури синтезованих глазурей з допомогою скануючого електронного мікроскопа JEOL JSM-5610 LV (Японія) дозволило встановити, що висока якість покритий досягається раціональним поєднанням стекловидної і кристалічної фаз, складових 60–70 і 30–40 % відповідно, причому остання присутня в тонкодисперсному стані. Інтенсифікація процесу глушення відбувається також внаслідок мікронеоднорідного будови стекловидної фази за рахунок наявності в ній газових бульбашок розміром 2–12 мкм. Глазурні покриття характеризуються реліктовими ізометричними зернами циркона діаметром 1,0–1,5 мкм і удлиненими кристалами анортита, довжина яких становить 20–25 мкм; ширина 3–4 мкм. Мікронеоднорідність структури обумовлює релаксацію напружень, забезпечуючи високу термостійкість покритий.

Дифференциально-сканирующей калориметрией с помощью прибора DSC 404 F3 Regasus фирмы Netzch (Германия) изучены фазовые переходы, наблюдаемые в глазурной шихте оптимального состава. При 494,2°C наблюдается эндотермический эффект, связанный с удалением структурной воды из глинистых минералов. При 572,6°C также наблюдается эндотермический эффект, обусловленный выделением конституционной воды и частичной перестройкой структуры каолинита. Разложение мела вызвало эндотермический эффект при 741,2°C. Частичная кристаллизация покрытия с формированием анортита связана с экзоэффектом при температуре 937,2°C. Эндотермический эффект при 1666,6 °C обусловлен процессом правления глазурной шихты.

В результате исследований синтезированы глазурные нефриттованные ресурсосберегающие покрытия для санитарных керамических изделий, которые по сравнению с производственным составом имеют на 3–5 % более высокие показатели белизны, на 2–6 % – выше значения блеска. Улучшена растекаемость покрытий, исключены из состава экологически опасные вещества – углекислый барий и цинковые белила.

Апробация лабораторных составов в промышленных условиях подтвердило высокое качество синтезированных покрытий.

ПОРИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шиманская А.Н. к.т.н., ассистент, Грук Д.А.

Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), г. Минск

Целью настоящей работы являлось разработка составов керамических масс для получения материалов медицинского назначения, обладающих требуемым комплексом физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик.

На основании проведенного обзора литературы на первом этапе исследований в качестве сырьевых материалов исследований выбраны следующие: диоксид циркония ZrO_2 марка ЦрО 1-й сорт (ГОСТ 21907–76), гидрофосфат аммония $(NH_4)_2HPO_4$ (чда, ГОСТ 3772–74) и мука доломитовая класса 4 марки А группы 1 ((ГОСТ 14050–93, ОАО «Доломит», Республика Беларусь). Их содержание варьировало в пределах, %: ZrO_2 – 60–80, $(NH_4)_2HPO_4$ – 10–30 и мука доломитовая – 10–30.

Образцы биокерамических материалов изготавливались по технологии полусухого прессования. Предварительно подготовленные и взвешенные согласно рецепта компоненты подвергались совместному сухому помолу в планетарной шаровой мельнице PM 100 Retsch (Ritsch, Германия) в течение 20 мин до остатка на контрольном сите № 0063 в количестве не более 1–2 %. Пресс-порошок готовился путем перемешивания полученной смеси сырьевых компонентов со связующим. Образцы формовались методом полусухого прессования в виде цилиндров диаметром 12 мм на лабораторном прессе при давлении 8–12 МПа. Сушка полуфабриката проводилась в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °C. Обжиг образцов производился в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 при температурах $(1250–1350) \pm 10$ °C с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч. Скорость подъема температуры составляла 250 °C/ч.

Для определения кажущейся плотности, открытой пористости и во-допоглощения использовали метод насыщения и гидростатического взвешивания (ГОСТ 2409–2014); исследование механической прочности при сжатии проводилось в соответствии с ГОСТ 40711–94. Для изучения фазового состава материалов применялся рентгеновский дифрактометр D8 Advance фирмы Bruker (Германия), а микроструктуры полученных образцов – сканирующий электронный микроскоп JSM–5610 LV с системой химического анализа EDX JED–2201 JEOL (Япония).

Синтезированные образцы серии 1 характеризуются равномерной окраской белого цвета, пористой, хорошо спеченной текстурой, значения их физико-химических свойств приведены в таблице.

Таблица – Физико-химические свойства полученных материалов

Показатель	Значения физико-химических свойств образцов при термообработке, °С					
	серии 1			серии 2		
	1250	1300	1350	1250	1300	1350
Водопоглощение, %:	12,50–30,37	7,81–49,72	7,10–55,48	6,54–43,99	2,08–39,11	1,39–36,94
Открытая пористость, %	36,49–56,11	26,55–67,51	24,73–70,23	23,08–63,68	8,41–59,52	5,68–59,01
Кажущаяся плотность, кг/м ³	1843–2975	3394–1355	1263–3476	1445–3520	1519–4031	1595–4071
Механическая прочность при сжатии, МПа	3,54–33,21	7,79–34,78	6,93–39,03	1,35–31,82	1,22–76,44	2,34–58,25

Проведенные исследования показали, что при увеличении содержания доломитовой муки и гидрофосфата аммония в керамических массах серии 1 отмечается закономерное повышение значений открытой пористости и водопоглощения, а также снижение кажущейся плотности и механической прочности при сжатии полученных образцов биокерамики. Поскольку имплантаты, как показал анализ литературы, должны обладать одновременно высокой прочностью и пористостью, на основании проведенных исследований в качестве оптимального выбран состав, который включает ZrO_2 – 65 %, $(NH_4)_2HPO_4$ – 20 % и муку доломитовую – 15 % и в температурном интервале обжига 1250–1350 °С обладает следующим комплексом физико-химических свойств: водопоглощение – 12,50–16,28 %; открытая пористость – 24,73–44,30 %; кажущаяся плотность – 2716–3477 кг/м³; механическая прочность при сжатии – 29,18–39,03 МПа.

На втором этапе исследования диоксид циркония частично заменен на оксид алюминия (чда, ТУ 6–09–426–75) в составе сырьевой композиции оптимального состава серии 1, поскольку в последнее время многими исследователями отмечается перспективность получения биокерамических материалов из смеси Al_2O_3 и ZrO_2 . Кроме того, вместо доломитовой муки применялись химические реактивы $CaCO_3$ (хч, ГОСТ 4530–76) и $MgCO_3$ (чда, ГОСТ 6419–78), так как они содержат меньшее количество примесей.

Результаты определения физико-химических свойств полученных изделий (таблица) свидетельствуют о том, что в заданном температурном интервале обжига образцов серии 2 добавки оксида алюминия оказывают негативное влияние на физико-химические свойства, в частности, вызывают снижение механической прочности при сжатии, кажущейся плотности, повышение водопоглощения изделий и открытой пористости. По нашему мнению, это объясняется недостаточно высокими температурами обжига для спекания Al_2O_3 .

Рентгенофазовый анализ позволил установить присутствие двух кристаллических фаз: бадделеита (ZrO_2), фосфата кальция и магния ($(Ca_{2,589}Mg_{0,411})(PO_4)_2$) в материалах серии 1, а также бадделеита, корунда (Al_2O_3) и фосфата кальция и магния в биокерамике серии 2. Результаты исследования с использованием сканирующей электронной микроскопии показали, что поверхность материала состоит, преимущественно, из кристаллов диоксида циркония, микронзондовый анализ подтвердил присутствие $(Ca_{2,589}Mg_{0,411})(PO_4)_2$. Выявлено, что использование в качестве порообразующей добавки доломитовой муки, в отличие от гидрофосфата аммония, приводит к образованию мелких пор размером до 10 мкм, что затрудняет прорастание костной ткани в имплантат.

На основании проведенных исследований в качестве оптимального выбран состав, содержащий компоненты в следующем соотношении, %: карбонат кальция – 9,5; карбонат магния – 5,5; диоксид циркония – 65; гидрофосфат аммония – 20. Полученные образцы в температурном интервале термообработки 1250–1350 °С обладают следующими физико-химическими свойствами: водопоглощение – 1,39–16,26 %; открытая пористость – 5,68–23,08 %; кажущаяся плотность – 3520–4071 кг/м³; механическая прочность при сжатии – 31,82–76,44 МПа. Фазовый состав представлен диоксидом циркония (ZrO₂) с кристаллической решеткой кубической формы размером 5–10 мкм и фосфатом кальция и магния ((Ca_{2,589}Mg_{0,411})(PO₄)₂).

Наличие развитой пористой структуры материала оптимального состава с размером пор 50–100 мкм, а также кристаллов фосфата кальция и магния, мольное соотношения элементов Ca : P, в котором составляет 1,3, свидетельствует о возможности прорастания костной ткани в имплантат и биоактивности керамики.

МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

Лозко С.В., Левицкий И.А. д.т.н., профессор

Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), г. Минск

Металлизированные глазури, применяемые в производстве керамогранита в Республике Беларусь, поставляются в виде порошков из Италии и используются в керамическом производстве сравнительно недавно. Они обладают высокими декоративно-эстетическими свойствами, и одновременно обеспечивают нейтрализацию облучения от электрических приборов и линий электропередач. Это обусловлено возникновением в покрытиях вихревых токов (токов Фуко), которые наводят в глазури вторичное поле. В связи с тем, что амплитуда данного поля приблизительно равна амплитуде экранируемого, а фазы полей противоположны, в результате сложения происходит их затухание в глазурном покрытии. Такие покрытия также отражают тепловое излучение, поддерживая в помещении комфортную температуру. На кафедре технологии стекла и керамики БГТУ в течение ряда лет ведутся исследования по синтезу металлизированных глазурей различных составов с обеспечением широкой цветовой гаммы и разнообразной фактурой (матовые, полуматовые, блестящие) [1, 2]. Целью исследования является синтез полуфриттованных металлизированных глазурей красно-коричневого цвета, установление особенностей формирования структуры и фазового состава во взаимосвязи с физико-химическими свойствами покрытий. Это обеспечивается совместным введением в состав глазурной композиции двух оксидов переменной валентности – оксида меди (II) и оксида железа (III).

Для получения металлизированных глазурей использовалась следующая сырьевая композиция, которая включала, %¹: алюмоборосиликатную фритту прозрачной глазури 2/154, используемую ОАО «Керамин» (г. Минск, Республика Беларусь) в количестве 20–35; оксид меди (II) – 5–20 и полевого шпат ПШС-0,30-21 – 17,5–30,0. Шаг варьирования переменных компонентов составил 2 %. Постоянными составляющими композиции явились глинозем марки NO-105; доломитовая мука класса 4; огнеупорная глина Веско-Гранитик; кварцевый песок марки ВС-030-В и оксид железа (III), суммарное количество которых составляло 40 %. Постоянные компоненты вводились примерно в одинаковом количестве.

Глазурные суспензии готовились совместным мокрым помолом глазурной шихты в шаровой мельнице (Speedy, Италия) до остатка на сите № 0056 в количестве 1,2–1,5 %. Приготовленная суспензия с влажностью 45–48 % методом полива наносилась на покрытый ангобом полуфабрикат керамогранита. Сушка образцов осуществлялась в сушильном шкафу при температуре 100±5 °С до влажности не более 1 %. Заглазурированные опытными составами глазурей образцы подвергались обжигу в

производственной конвейерной печи типа FMS-2950 (Италия) при температуре 1200 ± 2 °С в течении 48 ± 2 мин в производственных условиях ОАО «Керамин». Полученные образцы глазурного покрытия отличались высоким качеством поверхности, гладким разливом, матовой или блестящей фактурой, отсутствием дефектов поверхности.

Цвет покрытий определялся по 100-цветовому атласу ВНИИ им. Д.И. Менделеева, блеск – на фотоэлектронном блескомере ФБ–2 (Россия) с использованием в качестве эталона увиолевого стекла. Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) опытных покрытий измерялся на электронном dilatометре DIL 402 PC фирмы Netzsch (Германия) в интервале температур 20–400 °С, микротвердость – на приборе Wolpert Wilson Instruments (Германия). Исследования фазового состава проводили на установке D8 ADVANCE Brucker (Германия). Дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) исследовали с применением прибора DSC 404 F3 Pegasus фирмы Netzsch (Германия). Микроструктура покрытий исследовалась с помощью электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM-5610 VL (Япония).

Значения физико-химических свойств глазурных покрытий измерялись в соответствии с ГОСТ 27180-2001 (таблица).

Таблица – Физико-химические свойства синтезированных покрытий

Свойство	Показатели свойств
Цвет покрытия	Темно-серый, серый, красно-коричневый темный
Фактура поверхности	От матовой до зеркально-блестящей
Блеск, %	4,7–100
Микротвердость, МПа	6250–7780
ТКЛР, $\alpha \cdot \text{K}^{-1}$	$(72,5–87,3) \cdot 10^{-7}$
Термическая стойкость	Более 200 °С
Химическая стойкость	Химически стойкие к раствору № 3
Износостойкость, степень	1–2

С помощью рентгенофазового анализа выявлено, что глазурные покрытия представлены следующими кристаллическими фазами: анортитом, теноритом (CuO) и маггемитом ($\gamma\text{-FeO}_3$). Установлено, что степень кристаллизации покрытий повышается с ростом содержания CuO , что приводит к более интенсивной степени его матовости.

На рисунке приведена кривая ДСК глазурного покрытия, содержащего 15% CuO , снятая в интервале температур 20–1200 °С.

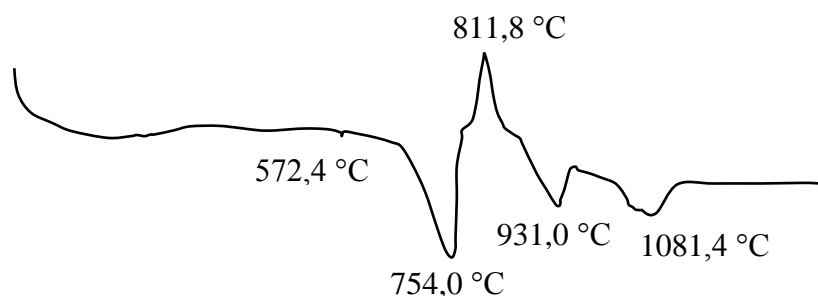


Рисунок – Кривая ДСК исследуемой глазурной шихты, содержащей оксид меди (II) в количестве 15 %

На кривой ДСК отмечается эндоэффект при температуре 572,4 °С, обусловленный модификационными превращениями кварца. При температуре 754,0 °С и 931,0 °С фиксируются эндоэффекты, которые являются результатом разложения карбоната магния и кальция, входящих в состав доломитовой муки. Экзотермический эффект отмечается с максимумом при температуре 811,8 °С, что, скорее всего, это свидетельствует о

процессах кристаллизации анортита. Наличие эндотермического эффекта при температуре 1081,4 °С связано с плавлением составляющих шихты.

Структура глазурного покрытия представлена игольчатыми и чешуйчатыми агрегатами, а также октаэдрическими кристаллами.

Проведенными исследованиями установлено, что для получения качественных металлизированных блестящих глазурей красновато-коричневого цвета, отвечающих требованиям нормативно-технической документации, и обладающих высокими декоративно-эстетическими характеристиками и физико-химическими свойствами, максимальное количество оксида меди (II) в составе шихтовой композиции должно составлять 10,0–15,0 % при содержании фритты в количестве 25,0–27,5 %.

В результате исследования разработан состав металлизированной глазури для керамогранита, позволяющий уменьшить энергетические затраты при варке фритты и использовать данное покрытие взамен импортируемого из Италии порошка металлизированной глазури.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СОСТАВЫ АНГОВОВ ДЛЯ МОНТАЖНОЙ СТОРОНЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК

Жукова И.И., Левицкий И.А., д-р техн. наук, профессор

Белорусский государственный технологический университет

Исследования касаются составов ангобных покрытий, наносимых на рельефную тыльную сторону керамических плиток различного ассортимента (плиток для внутренней облицовки стен, плиток для полов, керамогранита, клинкерной плитки). Нанесенный на рельефную поверхность плитки ангоб защищает керамические ролики от загрязнения составляющими компонентами массы и глазурей, продлевая тем самым срок их эксплуатации.

Разрабатываемые ангобные суспензии предназначены для нанесения на керамогранит, обжигаемый при температуре 1200±5 °С.

Синтез составов ангобов проводился в системе сырьевых материалов: бой отработанных гипсовых форм, используемых при стендовом литье санитарных керамических изделий; глинозем технической марки NO-105 (Германия) и глина огнеупорная марки «Веско-Гранитик» (Украина). Шаг варьирования компонентов составлял 2 мас. %. Усредненный химический состав применяемых компонентов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненный химический состав сырьевых компонентов, используемых для приготовления ангобов

Наименование компонентов	Оксиды и их содержание, мас. %								
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	другие оксиды	п.п.п.
Бой гипсовых форм	37,37	0,80	0,25	0,17	0,07	–	–	SrO – 0,17 SO ₃ – 44,82	16,35
Глина «Веско-Гранитик»	0,29	60,00	26,40	1,00	2,11	0,41	1,32	MgO – 0,29	7,93
Глинозем NO-105	0,02	0,20	99,54	0,04	–	0,11	0,08	CuO – 0,01	–

Для обеспечения требуемых реологических характеристик и улучшения адгезии к керамической массе применялись триполифосфат натрия и карбоксилметилцеллюлоза, вводимые в количестве по 0,5 мас. % сверх 100 % составляющих. Помол велся мокрым

способом при вологості около 50 % в мікрошаровій мельниці типу «Spedy» (Італія) до остатка на сітці № 0063 в кількості 1,2–1,5 мас. %. Робоча густина суспензії складала 1240–1300 кг/м³. Ангобна суспензія наносилася на конвеєрній лінії перед загрузкою плитки в печь обжигу, товщиною шару 0,1–0,2 мм. Обжиг керамічної плитки з ангобним покриттям монтажної сторони проводили в промисловій конвеєрній роликівій печі в течение 48±2 мин. при максимальній температурі обжигу 1200±5 °С.

Дифференціальній скануючій калориметрії (ДСК) з допомогою приладу DSC 404 F3 Pegasus фірми NETZSCH (Германія) в інтервалі температур 20–1200 °С установлені термічні процеси, протікаючі в ангобі.

Найбільш глибокий ендотермічний ефект з мінімумом при 155,1 °С обумовлен дегідратацією двоводного гіпсу CaSO₄·2H₂O до полугідрату CaSO₄·0,5H₂O. При 175,7 °С ендоефект зв'язан з утворенням β-обезвоженого полугідрату [1]. При температурі 407 °С ексоефект обумовлен перестройкою його кристалічної решітки з перетворенням в розчинимий β-CaSO₄ [1]. Ендоефект при 494,6 °С обумовлен удаленням структурної (гідроксильної) води з монтмориллоніта з частинною його аморфізацією [2] і переходом β-CaSO₄ в нерозчинимий ангидрит [1]. Розкладання каолініта з виділенням хімічно зв'язаної води і аморфізацією речовини зв'язан неглибокий ендотермічний ефект з максимумом при 647,6 °С [2]. Потеря залишкової частини структурної (конституційної) води і структурна перестройка монтмориллоніта відповідає ендоефекту при 930,2 °С [2]. Утворення естрих-гіпсу CaSO₄·nCaO по реакції 2CaSO₄→2CaO+2SO₂↑+O₂↑ відбувається при 1066,2 °С, чому відповідає ендотермічний ефект [1]. При 1150,0 °С відзначається ендоефект, обумовлений поліморфним перетворенням ангидриту (α-CaSO₄) [1].

Фізико-хімічні властивості синтезованих ангобних покриттів для монтажної сторони керамічних плиток, обожжених по вказаному вище температурно-часовому режиму, приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості ангобних покриттів

Найменування властивостей	Значення показників
Характеристика ангобних покриттів	Рівномірне матове з гладкою поверхнею, щільною текстурою
Колір обожженого покриття	Білий
Водопоглинання ангобів, мас. %	5,1–6,5
Усадка загальна, %	5,6–6,2
ТКЛР в інтервалі температур 20–600 °С, α·10 ⁶ К ⁻¹	7,56–7,84
Витривалість, ступінь	3–4
Витривалість (по кварцевому піску), г/см ²	0,12–0,16
Відносна густина, кг/м ³	2,30–2,39
Відносна пористість, %	12,3–15,1

Дослідженням вказаних фізико-хімічних властивостей проводились в відповідності з ГОСТ 27180 «Плитки керамічні. Методи випробувань» і загальноприйнятими методиками керамічного виробництва.

Представлені в таблиці 2 дані по фізико-хімічним властивостям ангобів для монтажної сторони керамічних плиток показують відповідність їх показників вимогам ГОСТ 6787 «Плитки керамічні для полов. Технічні умови». Ангобні суспензії характеризуються хорошою адгезією до поверхні керамічної плитки, сумісним з її матеріалом, забезпечуючи якісне покриття на монтажній стороні плитки, відсутність осипання і пиління, достатню естетичність.

Рентгенофазовим аналізом, проведеним на установці D8 ADVANCE Brucker (Германія), встановлено переважаюче наявність кристалічної фази ангидриду α -CaSO₄ (3,49; 2,849; 2,328; 2,208 Å) і невеликого вмісту анортиту CaO·Al₂O₃·2SiO₂ (3,20; 3,18; 3,12 Å).

Проведені дослідження дозволили запропонувати ресурсозберігаючий склад ангоба для монтажної сторони плиток для полов, забезпечуючих високу якість покриття, в складі якого переважає нині не утилізуваний відход – оброблені при литті санітарних керамічних виробів гіпсові форми.

Література

1. Гіпсові матеріали і вироби (виробництво і застосування). Справочник / Під заг. ред. А.В. Ферронської. – М.: Из-во асоціації будів. вузів, 2004. – С. 35–40
2. Термічний аналіз мінералів і горних порід / В.П. Іванова, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.М. Розінова. – Л.: Недра, 1974. – 399с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

Левицкий И.А., д-р техн. наук, профессор, Хоружик О. Н., Костик Е. А., Тригубович А.И.
Белорусский государственный технологический университет

В XXI веке актуальность клинкерного кирпича возросла благодаря существенному преимуществу этого продукта перед другими подобными материалами (в том числе и природными) – высокой долговечностью и экологичностью, при сопоставимости других характеристик, высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды. В Республике Беларусь клинкерный кирпич не производится, потребность удовлетворяется за счет импорта в основном из Украины, Германии, Польши.

Согласно СТБ 1787-2007 клинкерный кирпич подразделяют на два класса: А – для кладки фундаментов, стен, для кладки и облицовки стен в гидротехнических сооружениях, для тротуаров и отмосток и Б – для кладки и облицовки стен зданий и сооружений.

Целью исследований является синтез составов керамических масс для получения клинкерного кирпича методом пластического формования на основе полиминерального глинистого сырья Республики Беларусь и отсевов дробления гранитоидных пород.

В качестве глинистых компонентов при проведении исследований применялись тугоплавкая глина месторождения «Городное» Брестской области, глина тугоплавкая месторождения «Крупейский сад» Гомельской области и суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области. Использование в составе масс композиций глин с различной дисперсностью и минералогическим составом способствует повышению физико-химических свойств изделий и стабилизации химического состава. Введение в состав массы гранитоидных отсевов позволит интенсифицировать спекание, получить более плотный черепок и повысить механическую прочность образцов.

В составах масс, как уже отмечалось выше, использовались гранитоидные отсевы фракции менее 1,0 мм – отходы камнедробления гранитов Микашевичского месторождения Брестской области, образующиеся на РУПП «Гранит».

Система сырьевой смеси включала, %¹: глина «Городное» – 40–55; суглинки месторождения «Фаниполь» – 10–30; гранитоидные отсевы (фракции менее 1,0 мм) – 20–35 с шагом варьирования компонентов 2 %. При этом содержание глины месторождения «Крупейский сад» было принято постоянным и составляло 10 %.

Усредненный химический состав сырьевых материалов приведен в таблице.

Таблица – Усредненный химический состав сырьевых компонентов

Наименование компонентов	Содержание оксидов, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	п.п.п.
Глина месторождения «Городное»	65,91	15,94	5,27	0,13	0,50	0,68	1,06	0,71	0,09	0,10	9,61
Суглинки месторождения «Фаниполь»	79,23	8,65	3,75	1,49	0,41	1,30	0,98	0,69	1,05	–	2,45
Гранитоидные отсеивы	56,61	17,53	6,90	4,57	3,91	2,47	5,46	0,73	0,36	0,21	1,25
Глина месторождения «Крупейский сад»	66,51	16,53	5,82	0,07	0,24	0,83	1,54	1,2	0,12	0,10	7,04

Изготовление опытных образцов керамического материала производилось следующим образом. Исходные сырьевые материалы предварительно высушивались до влажности не более 1 %, измельчались до величины зёрен не более 1 мм и дозировались в соответствии с рецептурами. Формовочная влажность находилась в интервале 20–21 %. Массы вылеживались в течение 7 суток и после тщательного промина опытные образцы размерами (25×50×10) мм формовались в виде плиток путем набивания массы в металлические формы. После этого образцы подвяливали в течение суток, а затем сушили в сушильном шкафу при температуре 105±5 °С до влажности 1,5–2,0 %.

Применяемые сырьевые материалы характеризуются высоким содержанием оксидов кремния и алюминия, что потребует сравнительно высоких температур обжига изделий. Обжиг образцов производили в высокотемпературной электрической печи при температурах 1100 °С, 1150 °С, 1170 °С с точностью ±10 °С и выдержкой при максимальной температуре в течение двух часов.

При температуре обжига 1000 и 1150 °С значения водопоглощения и механической прочности образцов не соответствовали требованиям, предъявляемым к клинкерному кирпичу, и эти показатели не анализируются. Физико-химические свойства синтезированных образцов оптимальных составов, обожженных при 1170 °С, характеризуются следующими показателями: общая усадка – 9,5–12,0 %, водопоглощение образцов изменяется от 3,4 % до 3,6 %, открытая пористость – от 8,6 до 9,2 %, кажущаяся плотность – от 2527 до 2543 кг/м³. Механическая прочность при изгибе и сжатии синтезированных образцов находится в пределах 13,81–13,90 МПа и 107,7–108,4 МПа соответственно. Морозостойкость – более 100 циклов. Показатель удельной эффективной активности радионуклидов составляет 170–203 Бк/кг. Образцы имеют равномерную окраску темно-коричневого цвета, которая обусловлена значительным содержанием оксидов железа в сырьевых смесях.

Для определения оптимального температурного режима и выбора температуры обжига была проведена дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) исследуемых масс. Кривые ДСК сняты на приборе DSC 404 F3 Pegasus фирмы NETZSCH (Германия) в интервале температур 25–1200 °С в нейтральной среде. Установлено наличие эндотермических эффектов при 86–157 °С и 489–494 °С, обусловленных удалением физически связанной воды и дегидратацией каолинита соответственно. Экзотермический эффект при 925–927 °С вызван образованием скрытокристаллического муллита.

Фазовый состав образцов проводили на установке D8 ADVANCE Brucker (Германия). Рентгенофазовым анализом установлено наличие кристаллических фаз муллита, анортита и α-кварца. Наличие развитого гало на рентгенограммах образцов указывает на образование значительного количества стекловидной фазы.

Присутствие вышеуказанных кристаллических фаз в структуре клинкерного кирпича при одновременно высоком содержании стекловидной фазы способствует повышению механической прочности образцов и формированию плотного однородного керамического черепка.

В результате исследований синтезированы образцы керамического материала на основе сырья Республики Беларусь полностью соответствующие требованиям, предъявляемым к клинкерному кирпичу СТБ 1787-2007.

Установлено, что для оптимальной области составов керамических материалов для получения клинкерного кирпича соотношение оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{RO}(\text{CaO} + \text{MgO}) + \text{R}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ составляет 5,9–6,2.

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИТРАТОМ ЦИНКА АНОДНО-ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Осипенко М.А., Харитонов Д.С. к.х.н., Макарова И.В., Курило И.И. к.х.н., доц.
Белорусский государственный технологический университет, Минск

Для защиты материалов и элементов конструкций из алюминия и его сплавов от агрессивного воздействия окружающей среды в промышленности широкое применение находит сернокислородное анодирование. Повышение коррозионной устойчивости после анодно-оксидных покрытий (АОП) достигается последующей дополнительной обработкой – уплотнением. Широко известен раствор уплотнения на основе бихромата калия, однако, высокая токсичность и канцерогенность соединений хрома (VI) обуславливают поиск экологически безопасных электролитов, обеспечивающих высокую коррозионную устойчивость АОП.

Целью данной работы является установление влияния финишной обработки модифицированных нитратом цинка анодно-оксидных покрытий на их физико-механических и защитных свойства.

Объектом исследования в данной работе является медьсодержащий сплав алюминия марки АД31, номинального состава, масс. %: Si – (0,20–0,60); Fe – 0,50; Cu – 0,10; Mn – 0,10; Mg – (0,45–0,90); Zn – 0,20; Ti – 0,15; Al – баланс.

В исследованиях использовали образцы круглой формы диаметром 40 мм и толщиной 1 мм. Образцы перед анодированием предварительно проходили механическую подготовку согласно ГОСТ 9.402–2004.

Для получения АОП использовали стандартный сернокислый электролит, содержащий 2 моль/дм³ H₂SO₄. Анодирование проводили в течение 40 мин при комнатной температуре ($\approx 20 \pm 2$ °C) и плотности тока 1 А/дм². Материал катодов – свинец. Уплотнение АОП проводили при температуре 100 ± 1 °C в 0,2 М Zn(NO₃)₂ (pH = 3). Время наполнения – 20 мин. После уплотнения образцы промывали горячей дистиллированной водой и сушили с помощью термовоздуховки. Для проведения термической обработки наполненного анодно-оксидного покрытия образец помещали на 30 мин в муфельную печь при температуре 300 ± 1 °C.

Данные элементного анализа АОП свидетельствует о включении в его состав цинка в количестве 13 масс. %. Последующая термическая обработка способствует увеличению содержания металла в 1,5 раза. Данные СЭМ показали, что уплотнение АОП приводит к формированию сплошных АОП с большим количеством включений соединений цинка. После проведения термической обработки на поверхности образцов наблюдается увеличение числа макропор и увеличение общей шероховатости поверхности покрытия.

Методом линейной поляризации изучена коррозионная стойкость уплотненных АОП с и без термической обработки в хлоридсодержащих кислых средах. Установлено, что ток коррозии, рассчитанный по поляризационным кривым для анодированного

образца без уплотнения составляет $2.95 \cdot 10^{-8}$ А/см². Гидротермическое уплотнение в растворе нитрата цинка приводит к снижению токов коррозии на 3 порядка ($i_{\text{корр}} = 7.39 \cdot 10^{-11}$ А/см²), что связано с герметизацией пористого слоя алюминия и затруднением миграции хлорид-ионов к подложке. Термическая обработка снижает коррозионную устойчивость покрытий на 1 порядок, что связано с механическими повреждениями и растрескиванием АОП.

Таким образом, проведенные исследования показали, что уплотнение АОП нитратом цинка позволяет на 3 порядка уменьшить ток коррозии, а, следовательно, повысить коррозионную устойчивость образца. Последующая термическая обработка снижает защитный эффект, что делает ее использование нецелесообразным.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Гвоздева Н.А., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный технологический университет»

В настоящее время в Республике Беларусь производство химически стойких керамических материалов отсутствует. Потребность предприятий республики в данном виде изделий удовлетворяется за счет их импорта из России и других стран СНГ. Учитывая потребность предприятий республики в указанных материалах, остро стоит вопрос о разработке составов и технологии получения таких изделий в Республике Беларусь, используя при этом местное сырье.

Цель данного исследования - изучение возможности частичной замены импортируемого сырья на местное при получении химически стойкой керамики. Объектом исследования явились химически стойкие керамические материалы, синтезированные с использованием алюмосиликатного сырья Республики Беларусь.

Составы керамических масс, принятые для исследования, включали каолинито-монтмориллонитовую тугоплавкую глину месторождения «Городок» 2-ой слой (РБ), каолинито-гидрослюдистую огнеупорную глину месторождения «Ново-Райское» (Украина) и гранитные отсеvy РУПП «Гранит» (г.п. Микашевичи).

Благоприятным фактором для спекания глины месторождения «Городок» является высокая дисперсность, небольшое содержание карбонатов, умеренное количество кварца. В области температур 1050-1150°C обеспечивается высокая степень спекания глины. Используемые в работе гранитные отсеvy представляют собой смесь гранитоидов крупнейшего в Европе Микашевического карьера по добыче гранитного камня [1]. Отошение масс производилось шамотом, полученным путем обжига глины «Ново-Райское» при температуре 1050°C.

Сформованные методом пластического формования образцы высушивались, а затем обжигались при температурах 1000-1100-1200°C с выдержкой при максимальной температуре 1 час.

В результате проведенных исследований установлено, что использование гранитных отсевов в составах масс интенсифицирует процесс спекания керамики. Установлена область оптимальных составов химически стойких керамических материалов, характеризующихся водопоглощением 2,3-2,8%, пористостью 4,8-5,2%, максимальной плотностью 2300-2340 кг/м³, механической прочностью при изгибе 25,4-27,9 МПа, кислотостойкостью 98,8-99,1% (температура синтеза 1200°C).

Известно, что фазовый состав оказывает значительное влияние на свойства химически стойких керамических материалов. Методом рентгенофазового анализа установлены основные кристаллические фазы: α -кварц, анортит, муллит.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена возможность частичной замены импортируемых огнеупорных глин на местное полиминеральное сырье при производстве химически стойких керамических материалов. Синтезированная химически стойкая керамика может быть рекомендована для изготовления футеровочного материала, предназначенного для эксплуатации в условиях агрессивных сред и высоких температур.

Литература

1. Позняк А.И., Левицкий И.А., Баранцева С.Е. Базальтовые и гранитоидные породы как компоненты керамических масс для плиток внутренней облицовки стен // Стекло и керамика.- 2012.- № 8.- С. 17-22.

ЦВЕТНЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ МАЙОЛИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОКРАШЕННЫЕ ОКСИДАМИ МЕДИ (II), ХРОМА (III), МАРГАНЦА (IV) И КОБАЛЬТА (II)

Шнигир Е. И., Левицкий И. А., д.т.н., профессор

Белорусский государственный технологический университет

В настоящее время в производстве майоликовых изделий для получения цветных глазурных покрытий нашли широкое применение керамические пигменты. Однако стоимость данных материалов высока и в несколько раз превышает расходы на красящие оксиды. В связи с этим в данном исследовании изучена возможность использования красящих CuO , MnO_2 , CoO , Cr_2O_3 для получения цветных глазури с сохранением физико-химических свойств и декоративно-эстетических характеристик.

Объектом исследования являются цветные глазури, полученные на основе фритты глушеной глазури Н5, содержащей в качестве глушителей оксиды цинка и циркония [1,2].

Синтез фритт для получения цветных глазури проводился путем сплавления шихт глазури Н5 и оксидов меди (II), хрома (III), марганца (IV) и кобальта (II). Содержание вышеприведенных оксидов составляло 3, 5 и 7* % (серия 1). Варка фритт проводилась в фарфоровых тиглях в газопламенной печи при максимальной температуре 1400–1450°C с выдержкой 1–2 ч. Выработка фритт осуществлялась грануляцией в холодную воду.

Исследовались также глазури, приготовленные путем введения указанных выше оксидов во фритту Н5 при помоле в том же количестве (серия 2).

Получение глазурных суспензий осуществлялось путем совместного мокрого помола синтезированных фритт с введением огнеупорной глины Веско–Гранитик и калиевой селитры. Глазурный шликер имел влажность 39–41 %, плотность – 1,45–1,50 г/см³. Полученные суспензии наносились на полуфабрикаты майоликовых изделий, прошедших утильный обжиг, и подвергались политому обжигу при температурах 960–1080 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Более качественными по разливу и яркости цветового тона во всем исследованном температурном интервале обжига были цветные глазури, в которых красящие оксиды Cr_2O_3 , CuO и MnO_2 вводились при варке фритт. Причем покрытия с CuO и MnO_2 отличались высоким блеском для обеих серий составов. Покрытия, окрашенные Cr_2O_3 в обеих сериях имели матовый и полуматовый блеск. Для составов обеих серий, содержащих CoO , качественные покрытия формировались при температуре 1050–1100 °С. При температуре обжига 950–1040 °С они характеризовались вскипанием глазурного слоя.

Рост содержания красящих оксидов в составе глазури обеих серий приводил к изменению значений температурного коэффициента линейного расширения. Так, введение 3, 5 и 7 % Cr_2O_3 приводило к существенному росту значений ТКЛР: от $57,3 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ для глазури Н5 до $(65,0–74,0) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Менее существенно повышалось термическое

* Здесь и далее по тексту приведено массовое содержание, мас. %

расширение при введении таких же количеств CuO :ТКЛР возрастал до $(59,2-61,0) \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$. MnO_2 наиболее существенно снижал значения ТКЛР и они составляли $(55,2-53,1) \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$. При введении этих же количеств CoO значения ТКЛР снижались до $(56,7-55,8) \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$. По влиянию на температуру начала кристаллизации покрытий это же количество оксидов оказывает обратное воздействие.

Значения микротвердости покрытий незначительно возрастали при введении MnO_2 и CoO . Так, этот показатель для исходной фритты составлял 6600 МПа и возрастал до 6670–6950 МПа при введении 3, 5 и 7 % MnO_2 . Для CoO он составил 6570–6780 МПа. Введение CuO и Cr_2O_3 привело к снижению микротвердости. Более существенно микротвердость повысилась для составов серии 2, что может свидетельствовать о сохранении введенных оксидов в глазурном расплаве в кристаллическом состоянии, обеспечивающем более высокие значения микротвердости.

Рентгенофазовым анализом цветных глазурей установлено наличие кристаллических фаз циркона (ZrSiO_4) и анортита ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Интенсивность дифракционных максимумов кристаллических фаз более высокая для покрытий серии 2.

Гигиенические нормативы содержания наиболее опасных веществ в изделиях, контактирующих с пищевыми продуктами, регламентируются СанНиП 13-3 РБ 2014 «Требования к миграции химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» и гигиеническими нормативами «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» ГН 2.3.3.972-00.

Экспериментальные исследования показали, что синтезированные глазурные покрытия обеих серий для всех исследованных составов обладают высокой устойчивостью к миграции бора, алюминия и хрома в модельные среды. Миграция бора в 1%-ный раствор уксусной кислоты при комнатной температуре и в водной вытяжке не обнаружена. Также не обнаружена миграция алюминия и хрома в водной вытяжке при 80 °С для всех испытуемых покрытий. Большинство цветных покрытий отвечает требованиям по миграции цинка, меди и кобальта в модельные среды. Вместе с тем, допустимым нормам по миграции цинка ко всем исследованным средам, а также кобальта не соответствуют покрытия, содержащие по 7 % Cr_2O_3 и CoO .

Так, миграция цинка в 2%-ный раствор уксусной кислоты, содержащей 2 % NaCl составляет 0,228–0,632 мг/дм³, в 3%-ный растворе молочной кислоты – 0,444–0,642 мг/дм³, в 2%-ный раствор лимонной кислоты – 0,275–0,265 мг/дм³ при содержании CuO в количестве 3 и 5 %. Рост содержания CuO до 7 % приводит к повышению миграции цинка в 2%-ный раствор уксусной кислоты и составило 1,953–5,740 мг/дм³, в 3%-ный раствор молочной кислоты – 5,420–7,533 мг/дм³, в 2 %-ный раствор лимонной кислоты – 1,020–3,830 мг/дм³. Кобальт мигрирует в водную вытяжку при 80 °С при содержании 7 % CoO в покрытиях в количестве 0,216–0,441 мг/дм³. Миграция меди в водной вытяжке всех исследованных покрытий составляет от 0,345 до 0,793 мг/дм³, марганца – 0,015–0,028 мг/дм³, кобальта – 0,019–0,065 мг/дм³.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что при введении красящих оксидов формируются качественные глушеные глазурные покрытия с требуемым комплексом декоративно-эстетических характеристик и физико-химических свойств. Разработанные составы глазурных покрытий обеих серий прошли испытания в Минском городском центре гигиены и эпидемиологии, которые показали, что миграция вредных веществ отсутствует у большинства глазурных покрытий. Не соответствуют допустимым нормам по миграции цинка и кобальта покрытия, содержащие по 7 % Cr_2O_3 и CoO , ко всем исследованным средам.

Миграция вредных веществ в модельные среды определяется структурными особенностями алюмоборосиликатной сетки синтезированных стекловидных покрытий,

полученных на основе фритты глушеной глазури, при введении красящих оксидов CuO , CoO , MnO_2 и Cr_2O_3 .

Литература

1. Глушеная глазурь для хозяйственно-бытовых майоликовых изделий / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк, Е. О. Богдан // Стекло и керамика. 2016. – № 6. – С. 27–30.
2. Глушеные глазури с пониженной миграцией вредных веществ при контакте с пищевыми продуктами / Левицкий И. А., Шиманская А. Н. // Свиридовские чтения: сб. ст. – Минск: БГУ, 2018. – Вып. 14. – С. 34 – 44.

СИНТЕЗ СТЕКОЛ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ВОЛОКНА

Папко Л.Ф., к.т.н., доцент, Пупышев И.Е.

Белорусский государственный технологический университет

Высокопрочные стекловолокна играют важную роль в производстве композиционных материалов, требующих сочетания высоких показателей прочности, модуля упругости и температуры применения. Высокопрочные высокомодульные волокна (тип S) и материалы на их основе используются в аэрокосмической, авиационной, автомобильной промышленности, индустрии спортивных товаров, медицине. Упруго-прочностные характеристики таких волокон более чем на 30% превосходят аналогичные показатели алюмоборосиликатных стеклянных волокон (тип E). Показатели прочности промышленных высокопрочных волокон составляют 4,4–4,7 ГПа, модуля упругости 84–89 ГПа. По прочности стекловолокно типа S сопоставимо с углеродным волокном при гораздо более высокой температуре применения и низкой стоимости [1].

Высокопрочные высокомодульные волокна разработаны на основе системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ при содержании компонентов, мас. %: SiO_2 55,0–65,0; Al_2O_3 24,0–27,0; MgO 9,0–16,0. Промышленный состав стекла типа S содержит, мас. %: 65,0 SiO_2 , 25,0 Al_2O_3 и 10 MgO . Стекла для высокопрочных волокон могут быть модифицированы добавками таких компонентов, как V_2O_5 , TiO_2 , ZrO_2 [1, 2].

Высокопрочные высокомодульные волокна, полученные на основе тугоплавких высоковязких стекол магнийалюмосиликатной системы, производятся по энергозатратной двухстадийной технологии. Она включает варку стекла и формование заготовок на первой стадии процесса, плавление заготовок и вытягивание волокна на второй стадии. Актуальным является разработка составов стекол для получения высокопрочного волокна по одностадийной технологии, при которой стекломасса подается на формование из стекловаренной печи. Для этого необходима разработка составов стекол, пригодных по технологическим характеристикам для энергоэффективной одностадийной выработки высокопрочного волокна.

Синтез стекол для высокопрочного волокна проводился на основе системы $\text{RO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, где RO – MgO , CaO , BaO , ZnO . Для оценки влияния CaO , BaO , ZnO на технологические свойства тугоплавких стекол системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ проведена последовательная замена MgO на данные компоненты. Содержание компонентов в составе опытных стекол составляет, мас. %: SiO_2 50–60; Al_2O_3 25–30; MgO 0–15; CaO 0–15; BaO 0–15; ZnO 0–15.

Для оценки скорости процессов стекловарения проведена термическая обработка шихты при температуре 1300 °С в течение 1 ч.

При 1300 °С образец шихты базового состава, включающего, мас. %: 60 SiO_2 ; 25 Al_2O_3 ; 15 MgO , представляет собой порошкообразную уплотненную массу, признаков появления жидкой фазы не имеется. Такую же порошкообразную массу представляют собой образцы, в которых MgO заменен на ZnO и BaO в количестве 5–15 мас. %.

Снижение содержания оксида кремния до 55 мас. % при содержании оксида

алюминия 30 мас.% обуславливает снижение температуры появления жидкой фазы. Образец шихты данного состава при температуре обработки 1300 °С представляет собой плотносспекшуюся массу. При замене MgO на CaO в данном составе процессы стекловарения ускоряются: образцы шихты, прошедшие термическую обработку, остеклованы. С ростом содержания CaO количество стеклофазы в продуктах термической обработки шихты возрастает.

Варка стекол опытных составов проводилась в газовой пламенной печи при температуре 1550±20 °С. Скорость подъема температуры составляла 250 °С/ч, выдержка при максимальной температуре 2 ч.

Стекло базового состава имеет неудовлетворительные технологические свойства, а именно многочисленные кристаллические включения, являющиеся следствием незавершенности процессов стеклообразования. Последовательная замена MgO на CaO в количестве 5–15 мас.% приводит к существенному улучшению качества образцов стекла. На основе стекол системы MgO–CaO–Al₂O₃–SiO₂ получены однородные образцы стекол, не имеющие кристаллических включений. Снижение вязкости расплава с ростом содержания CaO обуславливает эффективное удаление газообразных включений.

При замене MgO на ZnO удовлетворительное качество стекла достигается при введении 5 мас.% ZnO. При содержании ZnO 10–15 мас.% стекла содержат кристаллические включения. Замена MgO на BaO не дает выраженного положительного влияния на технологические свойства стекол.

Таким образом, по результатам синтеза опытных стекол установлено, что в ряду компонентов группы RO только введение CaO обеспечивает ускорение процессов стекловарения и их завершенность при температуре 1550±20 °С.

По результатам исследования физико-химических свойств однородных стекол определены следующие показатели.

Плотность стекол, определенная методом гидростатического взвешивания, составляла 2430–2590 кг/м³. В составе опытных стекол должно быть ограничено применение компонентов, которые повышают плотность, поскольку с ее ростом снижаются удельная прочность и удельный модуль упругости волокна. Данные показатели используются для расчета прочности композиционных материалов, армированных высокопрочными волокнами [1].

Щелочестойкость опытных стекол, которая определялась зерновым способом при обработке 2 N раствором NaOH в течение 3 ч на водяной бане, составляла 95,2–96,9 %. Показатели кислотостойкости стекол, которые определялись по отношению к 2N раствору HCl, составляли 96,5–98,2 %. Влияние замены MgO на CaO на показатели химической стойкости не выявлено. Снижение содержания SiO₂ до 50 мас.% приводит к повышению потерь массы при обработке в агрессивных средах, что связано, очевидно, со снижением степени связности кремнийкислородного каркаса и повышением реакционной способности стекла.

Микротвердость опытных образцов стекол измеряли по методу Виккерса с помощью микротвердометра Walpert Wilson. Показатели микротвердости стекол изменялись от 5580 до 6260 МПа и возрастали при увеличении содержания в стекле оксида магния, что связано с повышением прочности связей R–O.

Показатели модуля упругости стекол, рассчитанные по методу А.А. Аппена, составляли 78,7–84,6 ГПа. Замена MgO на CaO, а также SiO₂ на Al₂O₃ обеспечивает повышение модуля упругости.

Таким образом, замена MgO на CaO в составе стекол системы MgO–CaO–Al₂O₃–SiO₂ улучшает их технологические свойства, однако снижает прочностные показатели. Поэтому для получения высокопрочных высокомодульных волокон на основе стекол данной системы возможно при оптимизации соотношения оксидов магния и кальция в их

составе. Стекло оптимального состава имеет следующие показатели физико-химических свойств: модуль упругости 81,3 ГПа; микротвердость 6100 МПа; плотность 2490 кг/м³; щелочестойкость 96,3 %; кислотостойкость 97,7 %.

Литература

1 Wallenberger, F.T. *Fiberglass and Glass Technology. Energy-Friendly Compositions and Applications* / F.T. Wallenberger, P.A. Bingham. – L.–N.Y: Springer, 2010. – P.197–227.

2 Loewenstein, K. L. *The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibres* / K. L. Loewenstein – Elsevier Amst. – L.–N.Y., 1993. – 339 p.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТКОВО-АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ НА ОСНОВЕ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

Минаковский А.Ф. к.т.н, доц., Дигаленя А.К., Фроликова Д.И.

Белорусский государственный технологический университет, Беларусь, Минск

Ежегодно в мире производится порядка 35 млн.т. аммиачной селитры, основной проблемой хранения и использования которой является ее взрывоопасность.

Для уменьшения взрывоопасности аммиачной селитры, на ее основе готовят жидкие удобрения КАС, комплексные NPK удобрения, известково-аммиачную селитру (ИАС либо CAN). Из-за пониженного содержания азота в ИАС (менее 27,5% масс.) обеспечивается ее взрывобезопасность при производстве, транспортировке, хранении и применении, а также экологическая безопасность и агрохимическая эффективность при внесении удобрения в почву, особенно закисленную. [1]

Удобрение ИАС менее склонно к слеживанию, чем обычная аммиачная селитра, и может храниться в больших штабелях без особых мер предосторожности. Технологическое преимущество и безопасность достигаются за счет снижения концентрации азота (по сравнению с аммиачной селитрой) введением в удобрение карбонатов кальция и магния, которые являются важными мезоэлементами для растений.

В качестве добавок, снижающих взрывоопасность аммиачной селитры, используются:

- карбонатсодержащие соединения природного и техногенного происхождения (мел, карбонат кальция, доломит);
- калийсодержащие вещества (хлористый калий, сульфат калия);
- вещества, содержащие одноименный катион – аммоний: сульфат аммония, орто- и полифосфаты аммония;
- прочие балластные вещества, не несущие полезной нагрузки, а определяющие только механическое разбавление аммиачной селитры (гипс, фосфогипс и пр.) [2].

Все шире в мировой сельскохозяйственной практике используются природные цеолиты – группа близких по составу и свойствам минералов, обладающих уникальными адсорбционными, ионообменными, каталитическими и пролонгирующими свойствами. Залежи одного чрезвычайно перспективного и полезного для отрасли минерала – трепела – имеются и в Беларуси, месторождение «Стальное» (Хотимский район, Могилевская область). Запасы сырья разведанной части месторождения составляют 30 млн. тонн. [3].

В настоящее время ИАС в Беларуси не выпускается, однако производитель аммонийной селитры ОАО «Гродно Азот» проявляет интерес к расширению ассортимента своей продукции и выпуску этого удобрения с использованием отечественного карбонатного сырья – доломита, мела либо трепела.

Целью данной работы – изучить физико-механические свойства образцов известково-аммиачной селитры на основе нитрата аммония и природных карбонатных и цеолитсодержащих минералов Республики Беларусь и обосновать составы для промышленного производства

Лабораторная технология получения ИАС, содержащей 27% масс. азота предусматривала плавление нитрата аммония, введение в плав мелкодисперсных доломита, мела, трепела либо их смесей, быстрое охлаждение и последующее дробление образовавшейся массы.

Были получены образцы удобрений составов: « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + трепел(23%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + доломит(23%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + трепел(17%масс.)+ доломит(6%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + трепел (6%масс.)+доломит(17%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + мел(23%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + трепел(17%масс.)+мел(6%масс.)», « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ +трепел(6%масс.)+ мел (17%масс.)» и изучены их физико-механические свойства – гигроскопичность и статическая прочность гранул. Также с точки зрения повышения статической прочности гранул исследована возможность добавки фосфогипса ($\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ +трепел(17%масс.)+ фосфогипс (6%масс.) и ($\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ +трепел(6%масс.)+фосфогипс (17%масс.)).

Большинство из образцов имели гигроскопическую точку в диапазоне от 41–49%, и являлись сильногигроскопичными. Гигроскопичными являлись образцы, содержащие в своём составе аммиачную селитру, трепел, фосфогипс, при содержании фосфогипса в 3 раза меньше, чем трепела ($h=57,81\%$) и « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ +трепел (17%масс.)+мел(6%масс.)» ($h=53,48\%$). Наиболее гигроскопичным оказался образец состава « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ +трепел(6%масс.)+ доломит(17%масс.)» ($h=32,50\%$).

Так как гигроскопическая точка аммиачной селитры имеет величину равную 43%, то выпуск ее в форме ИАС приводит к значительному снижению ее гигроскопичности.

Так как образцы ИАС обладали высокой гигроскопичностью, то был проведен комплекс исследований по их кондиционированию.

Кондиционирование заключается в снижении гигроскопичности путем поверхностного модифицирования гранул – нанесения веществ, предотвращающих поглощение удобрением влаги, образование кристаллических связей между частицами или снижающих силу трения между ними. Из ряда предлагаемых способов в качестве способа модифицирования были выбраны методы омасливания гранул индустриальным маслом и опудривания стеаратом кальция.

Проводилась равномерная обработка гранул 1-3 мм индустриальным маслом в дозировке 0,5 % масс. от массы гранул. После обработки гранул были определены гигроскопические точки образцов.

К примеру, в результате омасливания гигроскопическая точка образца « $\text{NH}_4\text{NO}_3(77\%\text{масс.})$ + трепел(23%масс.)» увеличилась с $h = 48,3\%$ до $h = 90,63\%$. При таких значениях удобрение является малогигроскопичным и удовлетворяет техническим условиям. При использовании дополнительно к индустриальному маслу опудривающей добавки – стеарата кальция гигроскопическая точка данного образца возросла до 98,3 %. Но так как результат, полученный с использованием индустриального масла является достаточным (гигроскопическая точка $>75\%$), то использовать дополнительно опудривающую добавку нецелесообразно.

Статическая прочность гранул исследуемых образцов находилась в пределах 3,5 – 6,0 МПа, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гранулированным удобрениям.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно рекомендовать к выпуску марку известково-аммонийной селитры CAN 27 с более высоким содержанием трепела по отношению к доломит, гранулы которой кондиционированы омасливанием.

Разработана технологическая схема производства известково-аммиачной селитры с использованием трепела, доломита месторождений Беларуси.

Литература

1. Набиев А.А. Известково-аммиачная селитра и ее применение в сельскохозяйственном производстве/ Набиев А.А. — Universum: технические науки, 2017 №6(39) Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений.- М.: «Химия», 1985, 224с.
2. Левин Б.В. Проблемы и технические решения в производстве комплексных удобрений на основе аммиачной селитры/ Левин Б.В., Соколов А.Н. – Мир серы, N, P и K, выпуск 2, 2004. Классен П.В., Гришаев И.Г. / Основы техники гранулирования – М.: Химия, 1982, 272 с
3. Голушко В. Трепел, кормовой адсорбент/ Голушко В. Козинец А. Надаринская М. Голушко А.– Белорусское сельское хозяйство 2015, №8 (136).

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА МАГНИЯ

Дятлова Е.М. к.т.н., доцент, Карниевич А.А., Сергеевич О.А. к.т.н., Шестаков А.В
Белорусский государственный технологический университет

Как известно [1], диоксид титана обладает повышенным значением диэлектрической проницаемости и является основным материалов для изготовления «конденсаторной керамики». Современные материалы на основе различных титанатов обладают широким диапазоном электрофизических характеристик. Особый интерес представляют диэлектрики с положительным коэффициентом диэлектрической проницаемости. Получение таких материалов являлось целью данного исследования.

Синтез опытных образцов проводился на основе титаната магния с дополнительным введением оксидов-модификаторов.

Оксиды титана и циркония вводились в виде чистых реактивов, оксид магния – жженой магнезией, оксид кальция – карбонатом кальция.

Для активизации процесса спекания и снижения температуры обжига вводился минерализатор в виде оксида кальция. Диоксид циркония использовался для уменьшения диэлектрических потерь на высоких частотах за счет формирования мелких кристаллитов. Оксид кальция вводили эквивалентно оксиду магния, оксид циркония – вместо оксида титана.

Содержания компонентов варьируется в следующий пределах, масс. %: TiO_2 –57,7-66,5; MgO –33,5-30,9; ZrO_2 –9,8-19,1; CaO –0,9-2,8.

Изготовление образцов производилось методом полусухого прессования. Обжиг материалов осуществлялся при температурах 1250–1400 °С.

Образцы при температуре 1400 °С не сохранили свою форму и оплавившись, что объясняется малым температурным интервалом спекания данных материалов.

Общая усадка образцов составила от 0,82 до 3,50 %, и увеличивалась с ростом температуры обжига. Водопоглощение варьировалось в пределах 1,25-4,11 %, а кажущаяся плотность 2630-3770 кг/м³. Такие изменения зависят как от состава исходных смесей, так и от температуры обжига.

Диэлектрики, синтезируемые на основе титаната магния, могут достигать значений ТКЕ до $+70 \cdot 10^{-6} K^{-1}$. Значения температурного коэффициента диэлектрической проницаемости опытных образцов находится в диапазоне от $42,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ до $69,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, диэлектрические потери составили $tg \delta = (8-15) \cdot 10^{-4}$, диэлектрическая проницаемость от 13,63 до 21,65., а величина электрического сопротивление более $10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Установлено, что ведение в состав модифицирующих добавок в виде оксида кальция и диоксида циркония способствует увеличению диэлектрической проницаемости, что обусловлено изменением структуры керамического материала. Оксид кальция способствует увеличению диэлектрической проницаемости, но приводит к снижению температурного коэффициента диэлектрической проницаемости. Это в первую очередь,

связано с усилением процесса поляризации за счет формирования кристаллической перовскитовой структуры с повышенной степенью тетрагональности, а также с возможным появлением новых кристаллических фаз, таких как CaTiO_3 , который имеет диэлектрическую проницаемость в 7-8 раз выше чем MgTiO_3 [2].

Дифференциально-термический анализ керамической массы позволил установить процессы, происходящие при ее нагревании и обусловленные, главным образом, ее химическим составом и структурой. Кривая ДТА керамической массы состава №5 представлена на рисунке 1 и свидетельствует о наличии ряда термических эффектов.

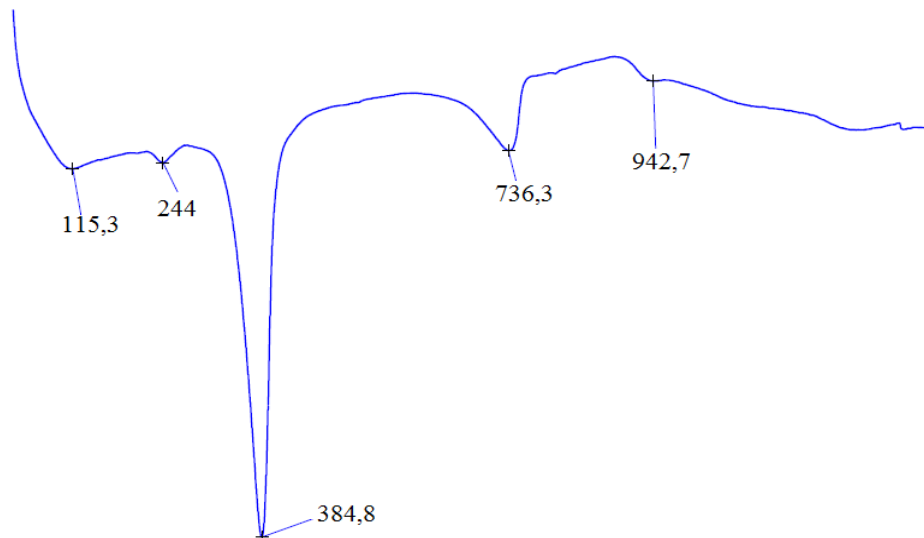


Рисунок 1 – Кривая ДТА керамической массы состава 5

В интервале температур 100–300 °С наблюдается удаление адсорбированной воды, а также выгорание органических примесей. Эндотермический эффект при температуре 384,8 °С характерен для жженой магнезии. Модификационные изменения характерные для оксида титана происходят при температуре 736,3 °С. Это связано с образованием брукита из непрореагировавшего рутила. При температуре 942,7 °С происходит разложение карбоната кальция, входящих в состав смеси.

На основе проведенного исследования установлено влияние модификаторов и температуры обжига на структуру и свойства синтезированных материалов. Разработанные материалы на основе титаната магния могут быть использованы в электронной отрасли для получения термостабильных конденсаторов.

Литература:

1. Окадзаки, К. Технология керамических диэлектриков / К. Окадзаки – М.: Энергия, 1976. – 327 с.
2. Котова, О.Б. Технологическая минералогия – основа комплексного использования сырьевого потенциала Европейского Северо-Востока /О.Б. Котова // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2010. – № 9. – Вып. 2. С. 36–38.

ЗАСТОСУВАННЯ РЕАГЕНТНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ТА ШАХТНИХ ВОД

Ніщименко А.В., Трус І.М., к.т.н

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут
імені Ігоря Сікорського»*

У багатьох країнах світу забруднення навколишнього середовища значно впливає на здоров'я та працездатність людей, що є екологічною проблемою. Варто відмітити, що забруднення поверхневих та підземних вод є однією з основних екологічних проблем на даний час. Підприємства вугільної промисловості відкачують великі об'єми шахтних вод. Шахтні води забруднені зваженими та розчинними мінеральними речовинами,

домішками органічного і бактеріального походження. Скиди шахтних вод приводять до засолення та закислення водойм, що порушує екологічну рівновагу.

На сьогоднішній день для демінералізації води досить широко використовується реагентний метод [1, 2]. Його основними перевагами є простота обладнання та низька вартість, оскільки використовують досить доступні і дешеві реагенти, такі як сода та вапно. Також даний метод дозволяє видаляти йони жорсткості і сульфати у вигляді малорозчинних осадів [3]. Використання вапна не дозволяє досягнути ГДК для видалення сульфат-іонів через високу розчинність гіпсу, який утворюється. Осадження барієвими реагентами сульфат – іонів ускладнюється їх токсичністю, дефіцитністю, високою вартістю і можливістю виділення сірководню при використанні сульфиду барію. Основною перешкодою використання методу осадження карбонатів кальцію є велика витрата реагентів – вапна та вуглекислого газу. Таких недоліків не має метод осадження сульфату кальцію у вигляді гідросульфоалюмінатів кальцію [4], суть якого описується протіканням реакції:



Даний метод простий у використанні, не вимагає складного обладнання, але дозволяє досягнути значень, що не перевищують ГДК.

Метою даної роботи було вивчення процесів і встановлення закономірностей реагентного пом'якшення води в залежності від доз реагентів при використанні вапна та алюмінієвого коагулянту. Для проведення дослідів використовували модельні розчини, що близькі за своїм складом до складу концентратів нанофільтраційної очистки шахтних вод.

Концентрація сульфатів у них становила 27-95 мг-екв/дм³, жорсткість змінюється в межах від 20 до 40 мг-екв/дм³. Для обробки води використовували вапно та алюмінат натрію. Досліди показали, що ефективність очистки концентратів від сульфатів з одночасним пом'якшенням залежить від дози вапна та алюмінієвого коагулянту. Ефективне вилучення сульфатів відбувається при використанні вапна в стехіометричній кількості або в надлишку до 70%, і при стехіометричній кількості коагулянту чи в його надлишку до 30%. Зниження дози вапна менше стехіометричної кількості і алюмінієвого коагулянту менше 80%, є недоцільним, так як не дозволяє знизити концентрацію сульфатів до допустимих значень і пом'якшити розчин. Використання даної реагентної технології дозволяє ефективно очищати високомінералізовані води з одночасною переробкою осадів, які утворюються.

Література

1. Трус І. М. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні / І. М. Трус, В. М. Грабітченко, М. Д. Гомеля // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/10 (60). – С. 13-17.
2. Трус І. М. Очищення високомінералізованих шахтних вод від сульфатів при використанні вапна та металічного алюмінію / І. М. Трус, В. М. Грабітченко, А. І. Петриченко, М. Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2012. – № 2. – С. 77-79.
3. Gomelya, N.D., Trus, I.N., Nosacheva, Y.V. Water purification of sulfates by liming when adding reagents containing aluminum // Journal of Water Chemistry and Technology Volume 36, Issue 2, 2014, P. 70-74.
4. Gomelya M.D. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // M.D. Gomelya, I.M. Trus, T.O. Shabliy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – 8 (2). – P. 197-203.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

¹ Пропольский Д.Э., ² Романовский В.И. к.т.н.

Белорусский национальный технический университет,

**Белорусский Государственный технологический университет*

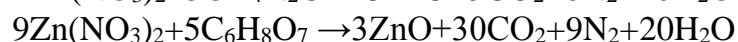
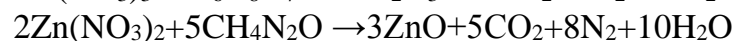
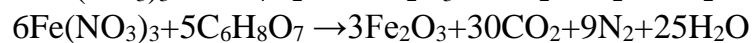
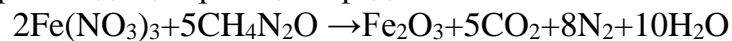
Важным фактором, влияющим на здоровье человека, является качество питьевой воды. Наиболее предпочтительным источником питьевого водоснабжения является подземные воды. Наличие в данных водах повышенной концентрации железа и марганца может привести к зарастанию систем водоснабжения, а также может стать причиной возникновения сердечнососудистых заболеваний человека. Стандарты качества питьевой воды устанавливают допустимую концентрацию ионов железа в питьевой воде в пределах до 0,2 или 0,3 мг/дм³ в зависимости от действующих нормативов в той или иной стране.

Важным элементом станции водоподготовки из подземных источников являются фильтры обезжелезивания, на этапе которых происходит окисление железа и механическая фильтрация. В качестве основного метода обезжелезивания часто используется фильтрация через многослойные фильтры со слоем каталитического материала и слоем кварцевого песка. По этой причине выбор либо разработка новых дешевых модифицированных каталитических материалов с высокой каталитической активностью являются решающими факторами в эффективности обезжелезивания. В настоящее время модификацию загрузок часто проводят путем вымачивания их в растворах модифицирующих веществ и дальнейшую сушку, и прокаливание в течение нескольких часов.

Целью данной работы является экспериментальное подтверждение эффективности использования модифицированных каталитических материалов на основе активированного кокосового угля (АУ) для целей обезжелезивания подземных вод. В качестве метода модификации выбран метод экзотермического горения в растворах (solution combustion synthesis – SCS) как наиболее оптимальный. Эффективными по отношению к железу окислителями являются покрытия таких металлов как железо [1, 2], марганец [3, 4].

В рамках исследования были подготовлены образцы с различными дозами оксидов металлов (железо, цинк) на поверхности АС (0,025, 0,05 и 0,075 г нитрата металла на грамм АУ), а также образцы с последовательно нанесёнными оксидами цинка и железа. В качестве восстановителя были выбраны лимонная кислота (СА) и мочеви́на (U).

Уравнения происходящих реакций представлены ниже:



Эксперимент по исследованию процесса обезжелезивания подземных вод проводился в здании фильтров станции обезжелезивания. Установка состояла из колонок высотой 1,7 м и диаметром 20 мм. Высота исследуемых образцов составила 0,5 м для каталитических материалов и 1,0 м для фильтрующего слоя кварцевого песка. Начальная скорость фильтрации составляла 12 м/ч. Определение эффективности обезжелезивания проводилась в течение 6 часов работы фильтров и определялась с точки зрения остаточного содержания общего железа. Исходная вода в процессе эксперимента имела концентрацию общего железа равную в интервале 1,88–2,34 мг/дм³.

По результатам экспериментальных данных было установлено, что при использовании всех модифицированных образцов АУ концентрация общего железа в

первых порциях фильтрата оказалась в 3 раза ниже, чем при использовании исходного АУ (рисунок).

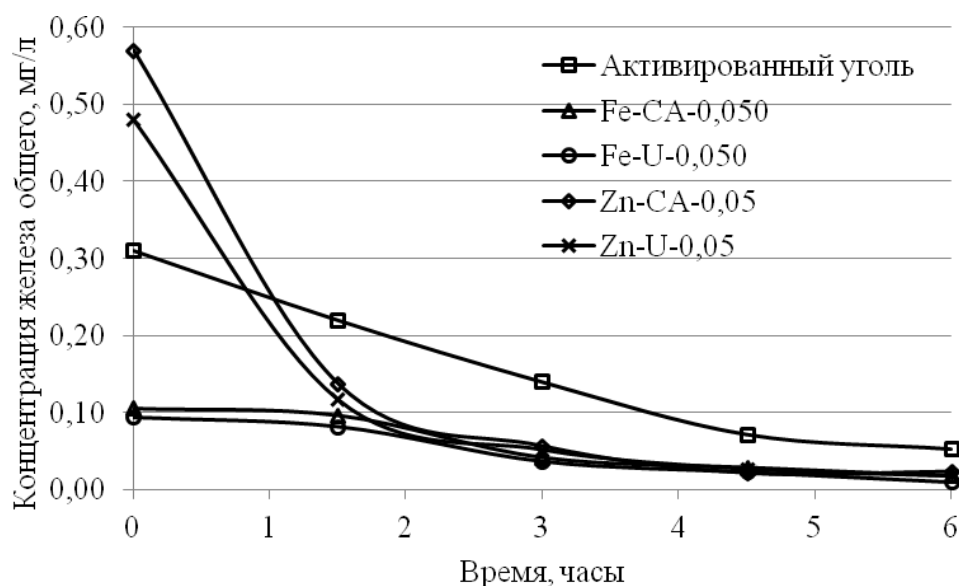


Рисунок – Концентрация железа общего в фильтрате

Как видно из представленных графиков, наиболее эффективно использование железа, как модифицирующего элемента. При его использовании уже в первых порциях фильтрата достигается степень очистки, соответствующая нормам по содержанию железа общего. Использование цинка в качестве модифицирующего покрытия может позволить предотвратить биообрастание загрузки в процессе ее использования. При этом в течение часа эффективность окисления несколько ниже, чем при использовании активированного угля, однако дальнейшая ее эксплуатация приводит к снижению содержания железа общего ниже уровня остаточной концентрации, использования не модифицированной загрузки. Это вероятно связано с формированием более развитой поверхности материала.

Таким образом, метод экзотермического горения в растворах может использоваться для получения модифицированных загрузок различного функционального назначения.

Литература

- 1 Romanovskii, V.I. Modified anthracites for deironing of underground water / V.I. Romanovskii, A.A. Khort. // *Journal of Water Chemistry and Technology*. – 2017. – Vol. 39, № 5. – P. 299–304.
- 2 Rashid, R. A. FeCl₃-activated carbon developed from coconut leaves: characterization and application for methylene blue removal / R. A. Rashid [et. al.]. // *Sains Malaysiana*. – 2018. – Vol. 47, № 3. – P. 603–610.
- 3 Moona, N Partial renewal of granular activated carbon biofilters for improved drinking water treatment / N. Moona [et. al.]. // *Environmental Science: Water Research & Technology*. – 2018. – Vol. 4, № 4. – P. 529–538.
- 4 Lee, W Anionic surfactant modification of activated carbon for enhancing adsorption of ammonium ion from aqueous solution / W. Lee [et. al.]. // *Science of The Total Environment*. – 2018. – Vol. 639. – P. 1432–1439.

РАЗЛОЖЕНИЕ ВЫСОКОКАРБОНАТНЫХ ФОСФОРИТОВ ПОНИЖЕННОЙ НОРМОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

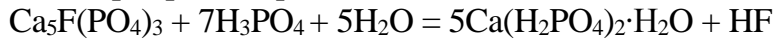
Шатило В.И., к.т.н., доцент, Минаковский А.Ф., к.т.н., доцент, Кондрашёва К.В.
Белорусский государственный технологический университет

Запасы высококачественных фосфорсодержащих руд неуклонно истощаются. По мере выработки богатых фосфатом и легко обогащаемых руд, в переработку необходимо вовлекать сложные по составу, более бедные (15-20% P_2O_5) и очень бедные (4-8% P_2O_5) фосфориты. Обогащение таких руд зачастую экономически нецелесообразно, при их переработке образуется большое количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

Поэтому важной технической и экономической задачей являются разработка и промышленная реализация технологических процессов производства фосфорсодержащих удобрений из низкосортного сырья, особенно фосфатно-карбонатных руд, запасы которых составляют 2/3 мировых запасов.

Объектами исследований были выбраны фосфориты месторождения Того (Тоголезская республика). Полезный компонент P_2O_5 в рудах месторождения распределен неравномерно. Высококачественное фосфатное сырье обогащается с получением концентрата с содержанием P_2O_5 более 30%. Участки с содержанием P_2O_5 в руде 10-15%, представляющие собой фосфатсодержащие известняки, не разрабатываются, т.к. их необходимо обогащать с получением кондиционного концентрата, а рациональная технология обогащения отсутствует.

Такое низкосортное сырье можно использовать для получения одинарных фосфорных удобрений методом фосфорнокислотного разложения. Суть этого метода заключается в обработке сырья фосфорной кислотой, но в значительно меньших количествах, чем это необходимо для полного разложения с образованием монокальцийфосфата по реакции:



Карбонаты, присутствующие в сырье, также разлагаются фосфорной кислотой:



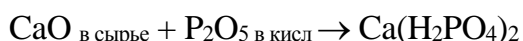
При этом получают, так называемые, частично разложенные фосфаты (суперфосы) [1].

Изучен процесс активации образцов фосфорсодержащего известняка (табл.1) экстракционной фосфорной кислотой (ЭФК), содержащей 26,86 мас.% P_2O_5 .

Таблица 1 – Характеристика фосфорсодержащего сырья

№ образца	Содержание компонентов, мас. %			CaO : P_2O_5 , %
	P_2O_5 общ	CaO общ	CO ₂	
1	10,23	52,72	28,86	5,15
2	6,29	51,08	32,26	8,12

Стехиометрическую норму ЭФК для разложения фосфорита рассчитывали по уравнению:



Разложение фосфатного сырья проводили кислотой, взятой в количестве 20, 30, 40, 50 % от стехиометрической нормы.

Составы полученных фосфорных удобрений и степень декарбонизации фосфорсодержащего сырья представлены в таблице 2.

Из представленных данных можно сделать вывод, что при увеличении нормы H_3PO_4 от 20 до 50 % от стехиометрии, степень декарбонизации повышается от 62 до 98%. При этом содержание CO_2 в фосфоконцентрате снижается от 10,98 до 0,44 %, а содержание P_2O_5 возрастает с 36,41 до 55,29 %. Оптимальной нормой фосфорной кислоты

является 40 – 50 % от ее стехиометрического количества. При данных условиях достигается приемлемая степень декарбонизации – 90 %, высокое содержание общей и усвояемой форм P_2O_5 , а относительное содержание водорастворимой формы P_2O_5 составляет более 50 % от общего содержания P_2O_5 , что соответствует требованиям, предъявляемым сельским хозяйством к фосфорсодержащим удобрениям.

Таблица 2. – Состав фосфорных удобрений и степень декарбонизации

№ образца	Содержание P_2O_5 , % (от стехиометрии)	Содержание P_2O_5 в виде ортосоединений, %			CO_2 , %	CaO, %	CaO : P_2O_5 общ.	Степень декарбонизации
		P_2O_5 общ., %	P_2O_5 усв., %	P_2O_5 вод., %				
1	50	55,29	34,28	30,90	0,44	38,39	0,694	0,98
2		54,62	36,27	30,29	1,11	38,80	0,710	0,96
1	40	50,31	33,50	21,27	3,29	40,13	0,798	0,89
2		51,46	33,34	20,20	3,18	39,63	0,770	0,89
1	30	41,03	24,24	9,28	5,51	50,88	1,240	0,81
2		43,70	26,67	9,97	5,20	50,98	1,167	0,82
1	20	36,69	20,12	7,80	10,98	57,08	1,556	0,62
2		36,41	18,80	7,53	10,78	55,69	1,529	0,63

О солевом составе, полученных при активации продуктов, косвенно можно судить по отношению $CaO : P_2O_{5\text{общ}}$ в них, зная, что это соотношение во фторапатите составляет 1,315, в трикальцийфосфате – 1,183, в дикальцийфосфате – 0,79, в монокальцийфосфате – 0,395, в димonoфосфате кальция (50 % моно- и 50 % дикальцийфосфата) – 0,592.

Исходя из солевого состава, полученных при активации продуктов, следует, что первым продуктом, при норме фосфорной кислоты 50 % от стехиометрии, является смесь дикальцийфосфата с монокальцийфосфатом (димonoфосфат кальция). Вторым продуктом, при норме фосфорной кислоты 40 % от стехиометрии, является дикальцийфосфат. Третьим продуктом, при норме фосфорной кислоты 30 % от стехиометрии, является смесь трикальцийфосфата с дикальцийфосфатом, четвертым продуктом при норме фосфорной кислоты 20 % от стехиометрии также является смесь трикальцийфосфата с дикальцийфосфатом.

Литература

1. Беглов Б.М., Ибрагимов Г.И., Садыков Б.Б. Нетрадиционные методы переработки фосфатного сырья в минеральные удобрения.// Химическая промышленность. –2005. Т. 82. -№ 9. -С. 453-468.

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ВОДОПІДГОТОВКИ

Канарова К. І. асп, Кузенна А. ТПВ-18ДМ

Науковий керівник к.т.н., доцент Корчуганова Е.Н.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

На території міст Северодонецька та Лисичанська Луганської обл. розміщені декілька великих промислових підприємств – потужних водоспоживачів, які обладнані дуже схожими схемами водопідготовки. Традиційний та найдешевший зі способів зниження карбонатної жорсткості води вважається обробка її розчином кальцій гідроксиду $Ca(OH)_2$, так зване вапнування. Вапнування з одночасною коагуляцією використовують також і для знешкодження рідких відходів. В результаті процесу утворюється осад – шлам вапнування.

В розвитку методів утилізації шламів вапнування не останню роль відіграє хімічний склад шламу, що значною мірою відрізняється від хімічного складу традиційної для промисловості сировини: вапняку (CaCO_3 – 85-99%; Fe_2O_3 – 0,1-1,55%) та крейди (CaCO_3 – 83,6-99,3%; Fe_2O_3 – 0,08-0,42%). Особливою відмінністю є знижений вміст кальцій карбонату ~70% і підвищений вміст заліза (до 7-8%), наявність органічної складової у відходах водопідготовки.

Для проведення експериментів з розчинення відходів використовували нітратну кислоту 30 % (мас.) концентрації, яку було приготовлено розведенням нітратної кислоти (виробництво «Северодонецьке об'єднання «Азот») 55% концентрації дистильованою водою.

Одержаний розчин відфільтровували та проводили хімічний аналіз на вміст кальцію та заліза. Вміст іонів Fe^{3+} та Ca^{2+} в розчині визначали комплексометричними методами.

Результати хімічних аналізів процесів розчинення відходів водопідготовки проілюстровані на рисунках 1 та 2.

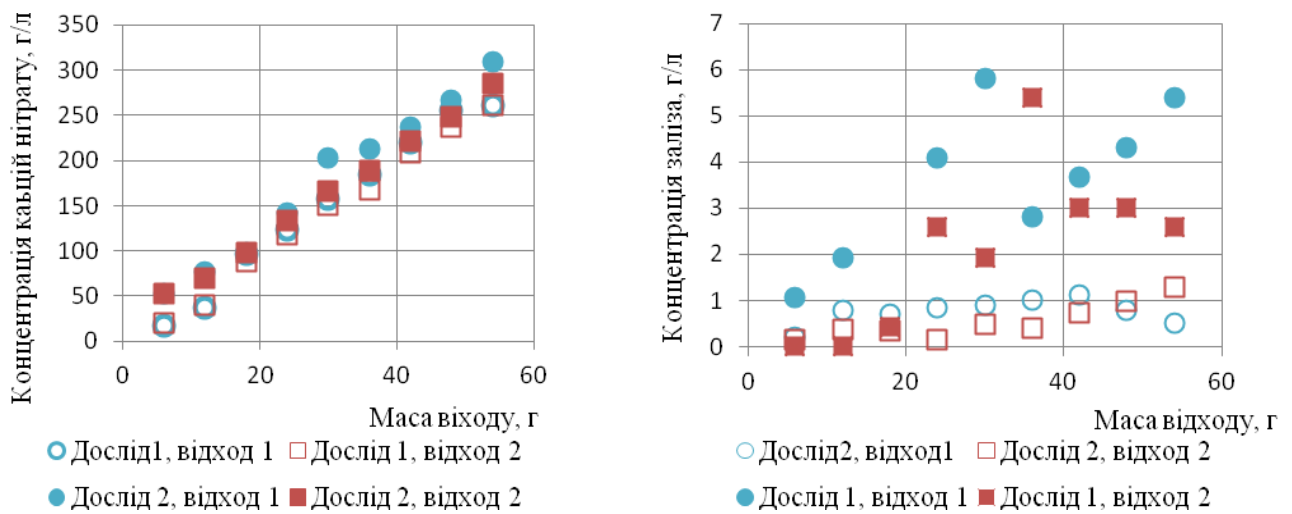


Рис. 1 Зростання концентрації кальцій нітрату в процесі розчинення відходів
Рис. 2 Змінення концентрації заліза в розчині в процесі розчинення відходів

Після фільтрування розчин має досить інтенсивне жовто-коричневе забарвлення, яке обумовлене присутністю солей заліза та розчинних фульвокислот. Розчин також містив залишкову кількість нітратної кислоти, концентрація якої складала 18-20 г/л.

ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ ЦИНК АЦЕТАТУ

Денисов О. С. аспірант 1 курсу, студент Прилипко І. О., гр. хт-15д

Корчуганова О. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Метою роботи є отримання оксиду цинку через осадження цинк гідроксокарбонату з осаджувачами (натрій гідроксид, калій карбонат, гідролізований карбамід та вуглеамонійні солі) та отримання первинних умов подальшого синтезу оксиду цинку. Для цього був використаний метод потенціометричного титрування за для отримання співвідношення солі/осаджувач, а також отримання рН середовища при якому проводилась реакція. Для замірювання рН використовувався рН-метр (рНТ-028) з діапазоном похибки в 0,01, скляний електрод, бюретка, ємність об'ємом 100 мл, магнітна мішалка. Із реагентів було використано ацетат цинку, їдкий натр, калій карбонат, гідролізований карбамід, вуглеамонійні солі (у всіх випадках використовувались 0,1Н

розчини). Експеримент поділявся на 2 частини це пряме (осаджувач – сіль) та зворотне (сіль- осаджувач).

В ємність поміщується один розчин, а в бюретку другий розчин (в залежності від типу титрування), в крапельному режимі в ємність додавали по 0,5 мл розчину, та записували показники рН-метру. Титрування проводили до рН=7-9 (для прямого), та до рН=4-5 (для зворотного титрування). Дані експерименту показані в таблиці №1. [1]

Таблиця – результати потенціометричного титрування

Розчин солі цинку	Осаджувач	Початок осадження		Точка перегибу		Кінець перегибу	
		рН	$N_{oc}/N_{кат}$	рН	$N_{oc}/N_{кат}$	рН	$N_{oc}/N_{кат}$
Цинк ацетат	NaOH	6,79	0,6	6,79	0,8	6,85	1
	K ₂ CO ₃	6,87	0,4	6,96	0,6	6,96	1,8
	(NH ₄) ₂ CO ₃	7,01	0,8	7,02	1	7,03	1,2
	Гідр. Карбамід	6,79	0,6	6,79	0,8	6,85	1

Згідно із теоретичними та термодинамічними даними цинк гідроксид починає випадати при рН 6,4 та закінчує випадіння при рН 8,0. При 10,5 він починає розчинятися, оскільки йому властива амфотерність. В таблиці показано що випадіння осаду починається з рН=6,79-7,01 та закінчується випадіння при рН=6,85-7,03. Це показує що співвідношення вибрані правильно, а також випадіння осаду проходить в допустимих межах. [2]

Згідно таблиці № 1 гідролізований карбамід може виступати, як осаджувач з відносно однаковими співвідношеннями, як і натрій гідроксид. Слід зазначити що вуглеамонійні солі теж можуть виступати, як осаджувач цинк гідроксиду, але з невеликим надлишком. З таблиці видно що калій карбонат має найбільше співвідношення 1,8 ніж інші осаджувачи.

Література:

1. Д. О. Чаркин, А. И. Баранов, П. С. Бердоносков методическая разработка к практикуму «Начало химического эксперимента» - М.: Химия. 2007. – 98с., ил.
2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии – М.: Химия. 1979. – 480с., ил.

GRAPE WASTE EXTRACT FOR OBTAINING GREEN SYNTHESIS SILVER NANOPARTICLES WITH ANTIMICROBIAL ACTIVITY

Korniakova O.O., Hladun K.V., Ryzhenko N.S., Salamaha O. O., Khrokalo L. A., Vorobyova V.I.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Currently, Nanotechnology has provided a strong platform for green synthesis of the novel metal nanoparticle by variety of physical and chemical properties. Green-nanotechnology, a newly emerging stream of nanotechnology which is a union of plant primarily focuses on the method and technique of nanoparticles (NPs) and nanomaterial green synthesis [1]. Amongst all the biological materials used in the nanoparticle synthesis, the plant extract mediated nanoparticle synthesis is quicker and the synthesized nanoparticles are more stable. The use of plant extracts in fabrication of nanoparticles has an attractive advantage over others, because it facilitates easier and less expensive routes to industrial scale-up and safe for humans. Several studies presented natural phytochemical compounds such as terpenoids, flavones, alkaloids, coumarins, phenolics ketones, aldehydes, amides, and carboxylic acids are the potent antioxidant can be a good source of nontoxic substitutes, reducing and stabilizing agents for nanoparticles synthesis [2]. Moreover, biomolecules present in the plants act as a suitable entity for reduction and stabilization in order to convert Ag⁺ to Ag.

The aim of research was AgNPs preparing from agro industrial byproducts such as the grape pomace to later evaluate their antimicrobial performance against gram-negative bacteria *Escherichia coli*. Antibacterial activity of the synthesized nanoparticles was studied using the method of cultivated in liquid medium and number of colonies of the forming units measuring.

The organic chemicals including polyphenol compounds responsible for bio-reduction and stabilization aqueous extract of Grape pomace were studied using LC–MS analysis. LC–MS analysis of phytochemicals from grape pomace revealed the presence of various chemical constituents such as, gallic acid (9.1 %), hydroxymethylfurfural (4.7 %), 3,4-dihydroxybenzoic acid (4.5 %), 4-hydroxybenzoic acid (3.2 %), 3,4-dioxycinnamyl acid (2.2 %); anthocyanins (34 %) structurally representing glycosides at the 3-position anthocyanidins: malvidin, delphinidin, petunidin, peonidin and cyanidin. The flavonol group is represented by quercetin and its derivative quercetin-3-O-glucoside. The extract contains catechin, epicatechins and epicatechin gallate. The efficacy of reduction properties by the phytochemicals mainly due to the presence of phenolic compounds as detected by LC–MS. The synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) was monitored by UV-Vis spectroscopy. The average size of the nanoparticles was 50 nm. The resulting nanoparticles were tested for their antimicrobial properties. Due to results of antibacterial tests we concluded that AgNPs demonstrated inhibition activity against *E. coli* in more than 5 % concentration.

1. M. Skiba, “Green” synthesis of nanoparticles of precious metals: antimicrobial and catalytic properties / M. Skiba, V. Vorobyova, O. Pivovarov, A. Shakun, E. Gnatko, I. Trus // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 2, № 5/6(95). – P. 51-58.

2. Vorobyova, V., A comprehensive study of grape pomace extract and its active components as effective vapour phase corrosion inhibitor of mild steel / V. Vorobyova, O. Chygyrynets, M. Skiba, T. Zhuk, I. Kurmakova, O. Bondar / International Journal of Corrosion and Scale Inhibition / Int. J. Corros. Scale Inhib., 2018, 7, no. 2, 185–202.

ВИРОБНИЦТВО СУЛЬФАТУ АМОНІЮ НА ОСНОВІ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ ПОТУЖНІСТЮ 105 000 ТОН НА РІК

Прилипко І.О. ¹ Студент групи ХТ- 15д:

Керівники: Кудрявцев С.О. ¹, к.т.н., доцент, Хлякіна Т.М. ², начальник відділу розвитку

¹Східноукраїнський національний університет імені В.Даля, ²НВП «Зоря»

На сьогоднішній момент сульфат амонію - одне з широко застосовуваних у сільському господарстві азотно-сірчаніх мінеральних добрив, що містить 21% азоту в амонійній формі та 24% сірки. Важливо відзначити, що сірчаноокислий амоній набув популярності не тільки завдяки широкому спектру застосування, але і цілого ряду інших переваг: доступна вартість, позитивний вплив на урожай, зручність у використанні, висока ефективність, значне збільшення життєздатності висаджених рослин, можливість виготовлення інших добрив, хороша розчинність, тривалий ефект. Крім сільського господарства сульфат амонію застосовується при виробництві віскози, в харчовій промисловості, але в порівняно невеликих обсягах.

В ході даного проекту поставлено ціль проаналізувати можливості підприємства в виробництві сульфату амонію та актуальність цього виробництва на сьогодні.

Динаміка споживання сульфату амонію в Україні в 2013-2017 роки зросла у 4,5 рази. Спостерігається чітка тенденція збільшення попиту на гранульований сульфат амонію, який виготовляють з кристалічного продукту коксохімічних виробництв. За останні три роки поставки кристалічного продукту зросли в середньому на 21% в рік, гранульованого - на 47%. Вартість кристалічного сульфату амонію нижче на 25-30% від вартості аміачної селітри, яка є альтернативним азотовмісним добривом.

НВП «Зоря» має власне виробництво високоякісної сірчаної кислоти, яка є однією з основних сировинних компонентів для виробництва сульфату амонію. На переробку у сульфат амонію планується використати 79 000 т сірчаної кислоти на рік, що дозволить виготовити 105 000 т цільового продукту. Доступність власної сірчаної кислоти дозволить заощадити кошти на логістиці та аналітичному контролі сировини. Забезпечивши поставки аміаку, НВП «Зоря» може зайняти основне місце - виробника як гранульованого сульфату амонію, так і кристалічного сульфату амонію.

При розгляданні можливих методів виробництва сульфату амонію віддали перевагу «мокрому» методу. Тому що, він забезпечує високу якість готового продукту та є простим в апаратурному оформленні та його обслуговуванні.

Отже на сьогоднішній час даний продукт є високоефективним добривом, зручним у застосуванні. Враховуючи попит ринку та наявність власного виробництва сірчаної кислоти, вважаємо за доцільне впровадити виробництво сульфату амонію на НВП «Зоря».

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДПРАЦЬОВАНОГО КАТАЛІЗАТОРА АВК-10 ЯК СИРОВИНИ

Осокор А. В., Панчук К. О. ст. гр. ТНР-18дм

Науковий керівник Суворін О. В.

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

В Україні відсутні природні поклади руд ванадію, придатні для промислової експлуатації, тому актуальною стає проблема переробки промислових відходів, які містять сполуки ванадію з отриманням солей ванадію, придатних до застосування у виробництві.

Оксиди ванадію містяться у продуктах спалювання вугілля, однак сумарний вміст в них оксидів ванадію, як правило не перевищує декілька десятих долів відсотків [1]. Тому для переробки більш привабливим можуть бути відпрацьовані каталізатори, які містять оксиди ванадію. Як приклад, каталізатор АВК-10 використовується в багатьох виробництвах, у тому числі у виробництві сірчаної кислоти на стадії окислення SO_2 в SO_3 , у виробництві нітратної кислоти на стадії очищення викидних газів, а також у нафтохімічному виробництві.

З метою визначення фізико-хімічних і технічних характеристик відпрацьованого каталізатора АВК-10, який експлуатувався у виробництві сірчаної кислоти на стадії окислення SO_2 в SO_3 як вторинної ванадій-вмісної сировини, проведені дослідження, результати яких представлені в таблиці.

Таблиця 1 - характеристика свіжого та відпрацьованого каталізаторів

№	НАЙМЕНУВАННЯ ПОКАЗНИКА	Характеристика		
		Свіжий ТУ У 113 –03 – 3004 -91	Відпрацьований	
			У виробництві сірчаної кислоти	У виробництві нафтохімії
1	Зовнішній вигляд:	Стрижні циліндричної форми жовтого або оранжевого кольору	Зруйновані стрижні	Зруйновані стрижні
2	Масова частка оксидів ванадію в каталізаторі в перерахунку на V_2O_5 , %	12 - 15	12,89	12,85

3	Насипна маса, г/дм ³	500 - 650	930	-
4	Активність каталізатора: ступінь відновлення оксидів азоту аміаком, %, не менше	96,5	77,2	-
5	Механічна міцність, %, не менше	97,0	88,5	86
6	Масова частка дріб'язку розміром менш ніж 3,0 мм, %, не більше	0,8	33	-
7	Розміри стрижнів, мм, а) довжина не більше б) діаметр	18 5 ± 1	2,8 4,8	- -
8	Витрати при прожарюванні, %	Не нормується	7	-
9	Вуглеводні, у фракціях до C ₃₆ , % не більше	Не нормується	-	20
10	Вміст сірки, %	Не нормується	1,23	4,8
11	Вміст Na ₂ O+K ₂ O, %	Не нормується	1,82	-
12	Вміст CaO+MgO, %	Не нормується	0,52	-
13	Вміст Fe ₂ O ₃ , %	Не нормується	4,07	-
14	Вміст SiO ₂ %	Не нормується	1,14	-

В ході проведення досліджень властивостей каталізатора з'ясували, що вміст ванадію у відпрацьованому каталізаторі коливається від 12,89% до 12,85%, а також забруднений сіркою, лужними та лужноземельними металами, проте відпрацьований АВК-10 може розглядатися як потенційна ванадій-вмісна сировина для промислової переробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Суворін О.В., Гринь С.О., Кузнецов П.В., Ожередова М.А. ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗПОДІЛУ ТОКСИЧНИХ ВАНАДІЙВМІСНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ТА МЕТОДИКА ЇХ ДОСЛІДЖЕНЬ / Суворін О.В., Гринь С.О., Кузнецов П.В., Ожередова М.А. // Вісник ХГПУ: Харків. – Вип. 9(239). – 2017. - С. 58 – 62.
2. Дробног Наталія Миколаївна. Технологія отримання сполук ванадію та молібдену з відпрацьованих каталізаторів. Автореферат дисертації на здобуття ступеня кандидата технічних наук. - Харків -2005. 20с.

ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРИ МІСТА

Захарова А.І., студентка гр. АМП-18д,

Нестеренко Д. – учениця 11-А класу ССШ №17 (м. Северодонецьк)

Науковий керівник к.х.н., доц. Захарова О.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Актуальність. Атмосфера є величезним резервуаром, який знаходиться під впливом чисельних і мінливих антропогенних факторів. Людська діяльність постійно впливає на хімічний склад атмосфери, в той же час дуже важливим є розуміння того, що чистота повітря впливає на стан здоров'я і якість життя людини.

Стан проблеми. Найбільшу частку у забрудненні атмосфери сучасного міста становлять викиди шкідливих речовин від автомобільного транспорту. Основна причина забруднення повітря полягає в неповному і нерівномірному згорянні палива. Всього 15 % його витрачається на рух автомобіля, а 85% "летить на вітер". У відпрацьованих газах двигуна внутрішнього згорання міститься багато шкідливих компонентів, з них близько 160 - похідні вуглеводню (СН) - прямо завдячують своєю появою неповному згорянню палива в двигуні.

Безумовно, склад відпрацьованих газів залежить від багатьох факторів: роду застосованих палив, присадок і масел, режимів роботи двигуна, його технічного стану, умов руху автомобіля та ін. Основними компонентами відпрацьованих газів є азот, кисень, пари води, двоокис та оксид вуглецю. До токсичних компонентів відносяться оксид вуглецю (СО), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (СН), альдегіди, оксид сірки, сажа, сполуки свинцю і бенз(а)пірен. Наявність сполук свинцю у відпрацьованих газах є наслідком додавання тетраетилсвинцю в бензини для підвищення октанового числа. Діоксид вуглецю не токсичний компонент, але нагромадження його в атмосфері небезпечне, оскільки призводить до виникнення так званого парникового ефекту. При згорянні 1 кг бензину при середніх швидкостях і вантажах виділяється приблизно 300-310 г токсичних компонентів: 225 г оксидів вуглецю, 55 г оксидів азоту, 20 г вуглеводнів, 1,5-2,02 г оксиду сірки, 0,8-1 г альдегідів, 1-1,5 г сажі та ін. При згорянні 1 кг дизельного палива виділяється близько 80-100 г токсичних компонентів: 20-30 г оксиду вуглецю, 20-40 г вуглеводнів, 10-30 г оксидів сірки, 0,8-1,0 г альдегідів, 3-5 г сажі та ін[1].

Результати досліджень. Ми проанілізували відомі літературні дані про пробігові викиди забруднюючих речовин легковими автомобілями (табл. 1), вантажними автомобілями (табл.2) та автобусами (табл.3). Рух містом всіх видів транспорту, а особливо бензинових автобусів та вантажівок є дуже небезпечним! Хронометраж руху міського транспорту м. Северодонецька показав, що в середньому з урахуванням зупинок, світлофорів, кількості пасажирів, маршруту та ін. чинників, пасажирський транспортний засіб на кожні 40-60 секунд руху зупиняється на 10-20 секунд! Тобто транспорт у місті працює у режимі, що приводить к утворенню найбільшої кількості шкідливих викидів.

Таблиця 1 - Пробігові викиди забруднюючих речовин легковими автомобілями з бензиновим двигуном, г/км

Робочий об'єм двигуна, л	Населений пункт			Поза населеним пунктом		
	СО	СН	NO _x	СО	СН	NO _x
Менше 1,3	11,4	2,1	1,3	4,8	1,2	2,3
1,3 – 1,8	13	2,6	1,7	5,5	1,5	2,7
1,8 – 3,5	14	2,8	2,7	6	1,6	4

Таблиця 2 - Пробігові викиди забруднюючих речовин вантажними автомобілями, г/км

Вантажо- підйомність, т	Тип двигуна	Населений пункт			Поза населеним пунктом		
		CO	CH	NO _x	CO	CH	NO _x
0,5 – 2,0	бензиновий	22	3,4	2,6	15,2	1,9	2,1
2,0 – 5,0	бензиновий	52,6	4,7	5,1	26,3	2,6	4,1
5,0 – 8,0	бензиновий	73,2	5,5	9,2	40,8	4,1	8
8,0 – 16,0	бензиновий	97,8	2,8	10	50,5	4,5	8,5
2,0 – 5,0	дизельний	2,8	1,1	8,2	2,5	0,8	6,9
5,0 – 8,0	дизельний	3,2	1,3	11,4	2,6	1,2	9,1
8,0 – 16,0	дизельний	3,9	1,6	13,4	3,2	1,4	10,7
більше 16,0	дизельний	4,5	1,8	16,4	3,6	1,5	13,1

Таблиця 3 - Пробігові викиди забруднюючих речовин автобусами, г/км

Розмір автобуса	Тип двигуна	Населений пункт			Поза населеним пунктом		
		CO	CH	NO _x	CO	CH	NO _x
Особливо малій	бензиновий	4,9	1,6	10	3,5	1,3	18
Малій	бензиновий	5	1,6	11	3,6	1,3	18,8
Середній	бензиновий	13,5	2,9	3	6	1,6	4
Великий	бензиновий	67,1	5	9,9	34	3,9	8,2
Особливо великий	бензиновий	104	7,7	10,4	62	4,6	9,5
Середній	дизельний	44	3,4	6,1	24	2,3	5
Великий	дизельний	4,5	1,4	9,1	3,3	1,2	8

Висновки та шляхи вирішення проблеми. Протягом 2018 року у нашому місті неодноразова виникала ситуація, коли замість тролейбусів на вулицях міста з'являлись автобуси. Така заміна не може бути ефективною, тому що погіршує досить складну екологічну ситуацію у місті. Для розвитку і розбудову нашого міста ми пропонуємо такі шляхи:

1. Збереження і розвиток електротранспорту.
2. Розвиток та благоустрій паркових зон.
3. Збільшення міст тільки для пішохідного руху.
4. Створення умов для розвитку велосипедного руху.

1. Муляр А. А. Техноекоекологія [Електронний ресурс] / А. А. Муляр – Режим доступу до ресурсу: https://lubbook.org/book_315_glava_8_Tema_5._Zabrudnennja_dovk%D1%96llj.html.

RISK OF CHEMICAL IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Zaporozhets J.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

This work present an algorithm that allows quantitatively evaluate chemical risks of environmental changes caused by an industrial facility to the hydrosphere and atmosphere as component of the environment during its scheduled operation.

We have analyzed impact risk from Kharkiv CHPP-5 on the environment based on data.

The 'index-risk' method is used to determine impact risk level of a hazardous chemical facility on the components of the environment.

To calculate risk of CHPP impact on the environment, we first need to calculate concentration change of substances at different distances from the facility.

The following formulas (1) are used to calculate value of the maximum ground level concentration of hazardous substances C_m with the emissions through a multi-flue stack (N flues), distance X_m where the maximum concentration C_m is obtained, and dangerous wind speed U_m :

$$\begin{aligned} C_m &= C_m'' + d_1 \cdot (C_m' - C_m'') \\ X_m &= X_m'' + d_1 \cdot (X_m' - X_m'') \\ U_m &= U_m'' + d_1 \cdot (U_m' - U_m'') \end{aligned} \quad (1)$$

where C_m' - maximum surface concentration, determined at values of emission parameters for one barrel and emission power M ; X_m' , U_m' - respectively, the distance at which the maximum concentration of harmful substances C_m is observed, and the dangerous wind speed U_m under the parameters of the emission of one barrel; C_m'' - the maximum surface concentration at the emission power M , equal to the total power ejection from all trunks, X_m'' , U_m'' distance, corresponding to the maximum concentration C_m'' and the dangerous wind speed; d_1 - dimensionless coefficient.

The relation [3] is used to determine quantitative risk assessment:

$$R_{kj} = A \cdot e^{B \cdot e^{D_{kj}}} \quad (2)$$

where R_{kj} - the risk of k - th stage on the j - th component of the environment, dimensionless; A , B - constants ($A=4,99 \cdot 10^{-6}$, $B=-7,557$); D_{kj} - is the value determined by the k - th stage of the calculation of risk for the j component, which is calculated by the formula:

$$D_{kj} = -e^{I_{kj}^{-1}} \quad (3)$$

where I_{kj} - index of pollution by the j - th component of the environment (atmosphere, hydrosphere) for the k -th stage of the calculation of risk, dimensionless.

Once we obtain actual values of emissions of hazardous substances (tons per year) and correlation values of emissions (nominal tons per hear) during Kharkiv CHPP-5 operation on different kinds of fuels, i.e. gas, residual fuel oil and coal, and know maximum permissible emissions (MPE) of hazardous substances from a source of contamination into the atmosphere, we can forecast negative impact on the environment.

The calculation results of the coal-fired CHP plant are summarized graphically. Figures 1, 2 and 3 show graphic charts of change in carbon dioxide, sulfur and nitrogen concentrations respectively.

These graphs may lead us to a conclusion that risk remains permanent with change in CO concentration – unacceptable; whereas risk is reduced when concentration of NO_2 and SO_2 is also reduced.

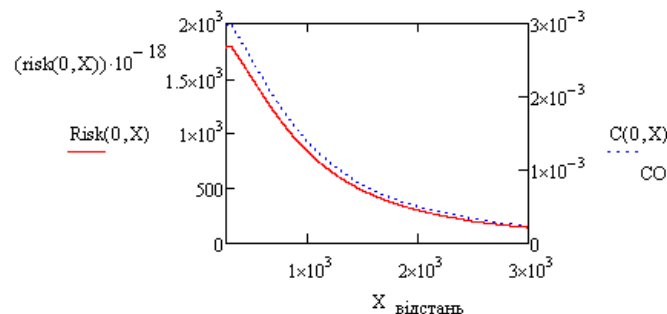


Fig. 1 Graphic representation of risk changes and concentration of carbon dioxide from a distance.

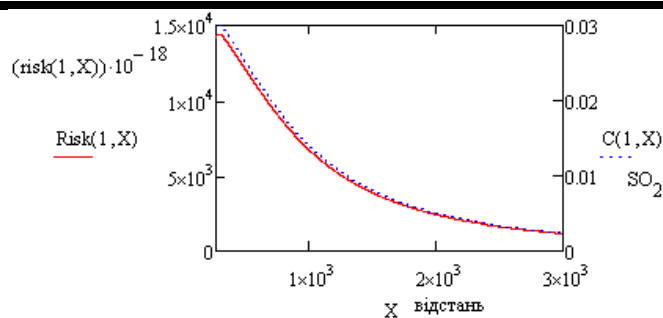


Fig. 2 Graphic image of risk change and concentration of sulfur from a distance.

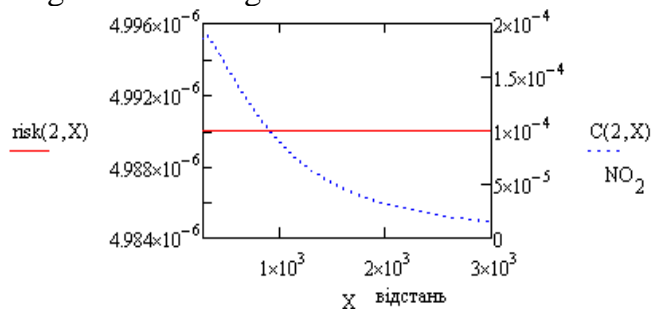


Fig. 3 Graphic image of risk change and concentration of nitrogen from a distance.

The results on the emission of hazardous substances from CHPP-5 show that zone of ground level concentrations, which exceed the MPC level when CHP plant is coal and residual fuel oil operated, covers an area of 1 km in modeling at a distance of 3 km from the source of contamination. The area of maximum ground level concentrations of hazardous substances covers a sector of 1 km from the source which corresponds to high level of risk (unacceptable); medium level of risk (acceptable) is observed in the area from 1 km to the boundaries of the modeling interval.

The developed algorithm allows quantitatively assess risk of environmental changes from hazardous substances emitted by the industrial facility during its scheduled operation.

RISK OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Zaporozhets J.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Following numerous accidents and disasters occurred in the last twenty years, the humankind has gradually transitioned from 'null risk' concept to 'sensitive risk' concept, which helps to compare the impact of hazardous chemical substances on the environment.

Presently, chemical pollution remains one of the major unsolved problems of the humankind. One source of pollution can often trigger a chain of unforeseen negative consequences on the environment; therefore, it is essential not only to improve existing technologies or create new ones but also to evaluate the corresponding ecological risk of these technologies. Furthermore, it is necessary to analyze all possible sources and ways of environmental pollution in detail, consider both direct effect and interaction between them.

Since the first stages of researches on the processes of environmental pollutions – distribution of pollutants in the atmosphere, soil contamination during filtration [1], impact on composition of groundwater, dispersion of pollutants in the water – a great deal of studies [2] have been dedicated to them.

Assessing chemical risk of industrial facility

The choice of a method for assessing a chemical risk of industrial facilities can greatly affect the quality and adequacy of evaluation and conclusions about safety levels of industries. Therefore, improvement of mathematical tools and development of an algorithm for quantitative risk assessment of dangerous chemical facilities under normal operation are forward-looking and highly topical issues at the present time.

The method for quantitative risk assessment is based on the Chemical Substance (CS) Cycle scheme in the system 'industrial factory-environment'.

During our research on the subject matter, we considered development of chemical risk related to the emission of hazardous substances to the hydrosphere and air, as shown in Figure 1 in solid line, that is emission to surface waters and soil, evaporation from the surface of a reservoir (puddles, septic tanks) and movement in the air. We have designed an algorithm based on the pattern, Figure 2, which allows assessing chemical risk of an industrial plant to the hydrosphere and air environmental components.

Energy is the key factor in the development of all sectors of the economy; it grows rapidly and has impressive scale of production. In that regard, energy industries play major role in polluting environment from burning of fossil fuels that get into the air and water basins, greatly affect groundwater and reduce productivity of soil.

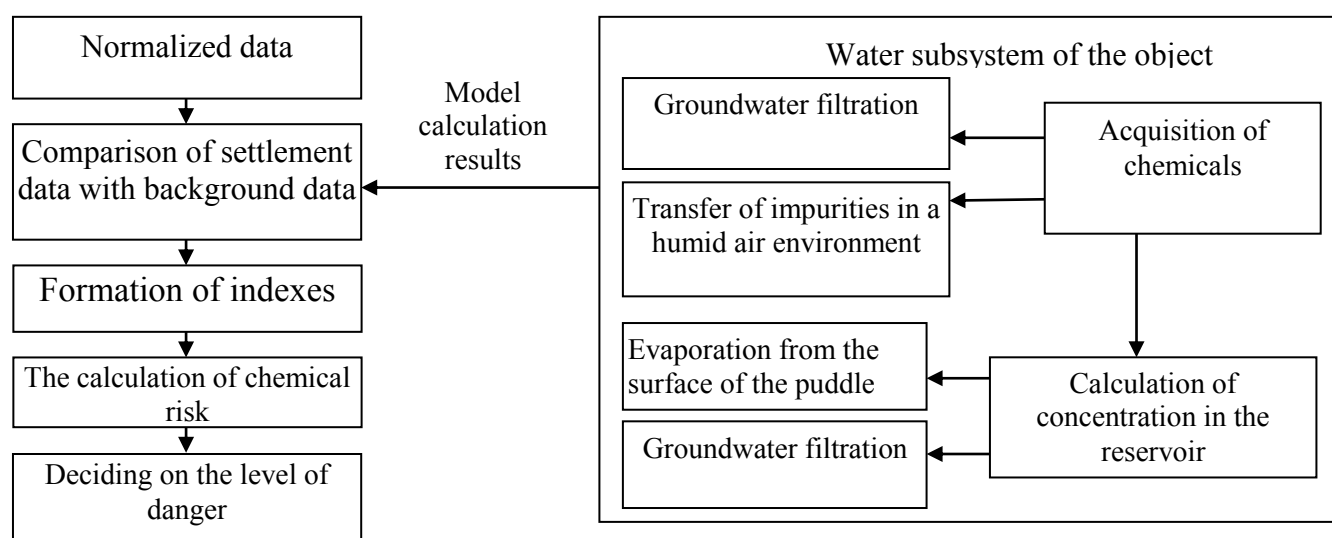


Fig. 1 Scheme of calculation of chemical risk of the enterprise in the method of "index-risk".

REFERENCES

1. Zaporozhets J. A. Influence of filtration on groundwater quality. Collection of scientific articles. Fifth International Scientific and Practical Conference. Kiev 2016, p. 203-206.
2. Boiko T., Zaporozhets J. Analysis of the risk of soil pollution by industrial objects. Collection of Scientific papers. Bulletin of the National Technical University "KhPI" Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology. № 35(1311), 2018 p. 49-52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА – КРИТЕРИЙ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

Баранцева С.Е. к.т.н., доцент, Климош Ю.А. к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет

Позняк А.И. к.т.н., научный сотрудник

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,

г. Москва, Россия

Особое место в экономике Беларуси длительное время занимают такие полезные ископаемые, как калийные и каменная соли, нефть, торф, сапрпель, подземные воды и строительное минеральное сырье. Наиболее благоприятная ситуация создалась с минеральными строительными материалами, разведенные запасы которых по промышленным категориям обеспечивают работу соответствующей отрасли на длительную перспективу [1].

В районах інтенсивного розвитку горного виробництва особливо остро стоїть проблема постійно збільшуваних площей отвалообразованих, негативно впливаючих на екологічну обстановку из-за виключення из господарственного оборота більших площей земель, а також зниження их качества, связанного с пылевими заносами из отвалов и хвостохранилищ.

Анализ зарубежного опыта использования некондиционных отходов строительного камня свидетельствует о том, что в условиях существенного экологического риска и негативных последствий влияния на окружающую среду разработка новых материалов на основе магматических горных пород приобретает особую актуальность.

В Республике Беларусь Микашевичское месторождение строительного камня разрабатывается РУПП «Гранит», которое на сегодняшний день представляет собой многофункциональный технологический комплекс по производству дорожного щебня, который является одним из основных материалов, используемых при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог. При производстве щебня образуется около 25% некондиционного продукта – гранитоидных отсеков и циклонной пыли. Для расширения сферы использования некондиционного сырья, так называемых гранотсеков, представленных в основном гранитоидными породами, нами проведены комплексные экспериментально-технологические работы по синтезу пористых заполнителей.

Усредненный химический оксидный состав гранитоидных пород, согласно [2], представлен, мас. %: 60,85 SiO₂; 1,58 TiO₂; 15,40 Al₂O₃; 7,84 Fe₂O₃; 4,55 CaO; 2,85 MgO; 2,55 Na₂O; 4,41 K₂O. Основными минералами являются плагиоклазы, кварц, полевой шпат, роговая обманка, микроклин, амфибол; вторичными – эпидот, серицит, хлорит; акцессорными – сфен, апатит, магнетит, пирит.

Выполнение исследования включало следующие технологические этапы: отработка составов шихты для сырьевых гранул и технологических параметров их сушки; разработка и оптимизация температурно-временных параметров обжига сырьевых гранул и установление зависимости физико-химических свойств материала от состава и режимов синтеза; изготовление опытной партии теплоизоляционного материала по разработанной технологии.

Основными критериальными факторами, влияющими на технологический процесс получения пористого заполнителя с требуемыми показателями физико-технических свойств, являются рациональное соотношение гранитоидных отсеков, вспенивателя и пластификатора, а также температурный режим обжига, обеспечивающий необходимый коэффициент вспучивания и объемную плотность. При получении пористого теплоизоляционного материала использовалась система компонентов «гранитоидные отсеки – глина – карбид кремния – карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) – вода», которая является вполне доступной, не содержит дефицитных составляющих, а с учетом возможности введения в качестве основы гранитоидных отсеков в количестве 92-94 мас. % можно сделать вывод о ее экономической целесообразности.

В результате многопозиционной термической обработки гранитоидной породы в интервале 700–1300°C установлено, что температура начала спекания с уплотнением пробы составляет 1160±5 °C; интервал «температура начала плавления – образование конгломератов» – 1165–1200 °C; полное плавление фиксируется при 1300°C. Эти изменения агрегатного состояния имеют решающее значение для процесса вспучивания, который непосредственно связан с переходом системы в пиропластическое состояние с образованием жидкой фазы.

Экспериментальное исследование влияния различных связующих добавок (жидкое стекло, клей ПВА, КМЦ) на процесс гранулообразования и сушки подтвердило целесообразность использования КМЦ. За счет образования при обжиге стекловидной

фази на поверхні гранул досягається удосконалення показателів хімічної стійкості та механічної міцності при стисненні.

Розроблена лабораторна технологія одержання пористого заповнювача та виготовлена спробна партія. В будівельній практиці найбільш востребованими фракціями теплоізоляційного матеріалу є (4-10) та (14-16) мм. Основні фізико-технічні властивості розробленого пористого заповнювача на основі гранітоїдних відсівів наведено в таблиці.

Таблиця – Властивості пористого заповнювача найбільш востребованих фракцій

Властивості	Фракція 4–10 мм	Фракція 14–16 мм
Об'ємна маса, кг/м ³	450–470	400–450
Насипна маса, кг/м ³	250–260	180–200
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м К	0,08–0,09	0,110–0,112
Механічна міцність при стисненні, МПа	2,5–2,6	2,1–2,2
Водопоглинання, %	14,6–15,5	14,6–15,5
Коефіцієнт розпушення	2,8–3,0	2,9–3,1
Температура обжигу, °С	1210±5	1210±5

Розроблений пористий матеріал може використовуватися багатифункціонально, зокрема як заповнювач легких бетонів, при виготовленні блоків «Термокомфорт», а також самостійних засыпок для теплоізоляції стін, стелі в громадянському будівництві.

Таким чином, крім розширення мінерально-сировинної бази силікатної промисловості за рахунок утилізації некондиційних гранітоїдних відсівів для одержання востребованого пористого заповнювача, буде також внесено помітний внесок в удосконалення екологічної обстановки території, прилеглої до гонно-переробляючому підприємству РУПП «Граніт».

Література

1. Полезна іскопаєма Білорусі / Редкол.: П.З. Хоміч [і др.]. – Мінськ: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
2. Хімічні аналізи горних порід кристалічного фундаменту Білорусі. Справочник / А. М. Пап [і др.]. – Мінськ: Наука і техника, 1988. – 243 с.

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ТЕРИТОРІЇ СНУ ІМ В. ДАЛЯ

Татарченко О.В., Пушкарська І.М. ст. гр. ПЕО-18д

Науковий керівник к.б.н., доц. Бінова Н. К.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Зелені насадження – це найважливіша екологічна та естетична складова ґроекосистеми, що повсякденно оточує мешканців міста, створює не тільки позитивний емоційний фон, але й суттєво впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей. Незамінна їх роль в оздоровленні міського середовища, формуванні мікроклімату, затриманні та знешкодженні забруднюючих речовин, пилу, шуму.

Питання охорони, та утримання зелених насаджень, які знаходяться на території населених місць регулюють Закон України «Про благоустрій населених місць» від 01.01.2006р. (ст.28 «Охорона ті утримання зелених насаджень»), «Правила утримання зелених насаджень в населених місцях України», які затверджені Міністерством будівництва, архітектури, житлово-комунального господарства України № 105 від 10.04.2006р. З метою збереження зелених насаджень, їх утримання у здоровому упорядкованому стані Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової

політики України затверджено «Інструкцію з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах та селищах міського типу».

Метою роботи є вивчення різноманіття, кількісного складу зелених насаджень (дерев та чагарників) території біля навчального та лабораторного корпусу університету та проведення інвентаризації за інструкцією.

Дослідження проводилися студентами групи ПЕО-18Д протягом осіннього семестру 2018р. та загально-екологічної практики 2019р. Для визначення кількісного та якісного складу рослин (поперед всього дерев'янистих) територія університету була розділена на сектори. Види дерев визначали за допомогою підручників з ботаніки та інтернет-видань. Заміряли приблизну висоту (Н) за загальноприйнятими методиками, довжину окружності стовбура (С) на відстані 130см від землі та обчислювали з неї діаметр дерев. Кількісний та якісний склад дерев розглядали в порівнянні за періоди до 2016р. та після озеленення 2016-2019рр.

Зелена зона СНУ ім. В.Даля, що розташована на перехресті вул. Донецька та просп. Гвардійського складає біля 20 000м² або 2га. Це становить 75% від всієї території. Всього на території університету виростають 157 дерев. Нами визначені шістнадцять таксонів деревних рослин, перелік яких з основними морфометричними показниками наведений у таблиці 1(табл1). Переважаючими видами за чисельністю, як і у всьому місті Северодонецьк є в'яз та тополі. Слід зазначити, що десь 2/3 рослин перебувають у середньому, пристигаючому і перестійному віці. Окремі найбільші дерева в'язів та тополь досягають в обхваті 200-220см, а висота тополь пірамідальних досягає 15м. Вік таких дерев складає приблизно 60 – 70 років. Найбільша частина з них має не здоровий вигляд.

Таблиця 1.Характеристика дерев'янистих рослин території СНУ ім. В.Даля

№п/п	Вид дерева	Кількість, шт	С _{ср} стовбура, см	Н _{ср} , м
1.	В'яз граболистий (в'яз малий) <i>Ulmus minor</i> Mill.	61	120	9
2.	Тополя пірамідальна <i>Populus pyramidalis</i> Roz.	19	135	11
3.	Тополя Болле <i>Populus Bolleana</i> Lauch.	19	90	8
4.	Клен гостролистий <i>Acer platanoides</i> L.	3	86	9
5.	Клен сріблястий <i>Acer saccharinum</i> L.	7	80	7
6.	Робінія звичайна(акація біла) <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	7	45	4,5
7.	Яблуня Недзвецького <i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck ex Koehne	6	47	4
8.	Каштан кінський <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	2	50	6
9.	Сумах пухнастий <i>Rhus typhina</i> L.	2	12	1,6
10.	Верба біла <i>Salix alba</i> L.	1	-	1,5
11.	Туя західна <i>Thuja occidentalis</i> L.	20	-	7
12.	Фруктові дерева (яблуні, абрикоси, сливи, вишня, груша, шовковиця)	10	14-42	3-6
Всього		157		

Всілякі відхилення від нормальної форми стовбура називають фаутами. Найбільш поширеною формою фаутності дерев, що обстежені, є викривлення стовбура. Це характерно для в'язів, робіній, яблунь Недзвецького, кленів. У 1% дерев цих видів

відмічена двоверхівковість. У деяких тополь проведена обрізка верхівок для оздоровлення, що суттєво впливає на їх естетичний вигляд, з другого боку, у інших рослин верхівки мають багато сухостійних гілок і теж не виглядають здоровими. Листя в'язів з середини літа піддаються ураженню шкідниками, вони покриваються дрібними отворами. А далі відбувається скелетування листової пластини.

З 2016р. в університеті відбувається активне поповнення кількісного та якісного складу рослин. Перелік молодих дерев, які висаджені за період 2016-2018рр. представлений в таблиці 2. З урахуванням саджанців домінуючою породою дерев на ділянці стала катальпа бигнонієподібна. Загальна кількість дерев звеличилася до 278 штук, що відповідає вимогам для озеленення скверів (120-150 дерев на 1га). Видове різноманіття до 24.

Таблиця 2

Перелік саджанців дерев'янистих рослин (віком 3-5років), висаджених за період 2016-2018рр

№п/п	Вид дерева	Кількість, шт
1.	Катальпа бигнонієподібна <i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	86
2.	Береза повисла <i>Betula pendula</i> Roth.	10
3.	Дуб червоний <i>Quercus rubra</i> L.	5
4.	Сумах пухнастий <i>Rhus typhina</i> L.	2
5.	Грецький горіх <i>Juglans regia</i> L.	4
6.	Яблуня Недзвецького <i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck ex Koehne	6
7.	Липа дрібнолиста <i>Tilia cordata</i> Mill.	3
8.	Горобина скандинавська <i>Sorbus intermedia</i>	3
9.	Горобина звичайна (Невежинська) <i>Sorbus aucuparia</i> L.	2
10.	Слива розлога (Слива Піссарда) <i>Prunus divaricata</i> Led. f. <i>atropurpurea</i> Jaeg. (<i>Prunus Pissardi</i> Carr.)	1
Всього		122

ЗБЕРЕЖЕННЯ В УМОВАХ EX SYTU БОТАНІЧНОГО САДУ ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ РОСЛИН УКРАЇНИ

Попович Б. В., Мартинова Н. В., к. б. н., Кабар А. М., к. б. н., Лихолат Ю. В., д. б. н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Одним із основних завдань Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара є збереження та поновлення в штучних умовах колекцій генофонду рослин місцевої та світової флори, насамперед, рідкісних та зникаючих. Реалізуючи вище вказану програму, працівники лабораторій Ботанічного саду зібрали достатній за обсягом генофонд рослин Червоної Книги України та Дніпропетровської області.

Загальна кількість видів рослин Ботанічного саду, які перебувають під охороною, становить 90 видів, з яких 51 – занесений до Червоної Книги України, 66 – до Червоної Книги Дніпропетровської області, 17 – входять до обох переліків. Достатньо цікавим є знаходження в колекції представників спорових рослин, зокрема, папоротей, таких як *Adiantum capillus-veneris* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Серед вищих насінних деревних рослин особливо цікавими для степового регіону є представники голонасінних рослин, зокрема, *Juniperus excelsa* M. Bieb., *J. oxycedrus* L., *J. foetidissima* Willd.,

Pinus cembra L., *Taxus baccata* L., *Ephedra distachya* L. Покритонасінні деревні рослини представлені видами: *Crataegus laciniata* subsp. *pojarkovae* (Kossych) Franco, *Euonymus nanus* M. Bieb., *Quercus cerris* L., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Staphylea pinnata* L., *Syringa josikaea* J.Jacq. ex Rchb.f., *Prunus tenella* Batsch., *Berberis vulgaris* L., *Carpinus betulus* L., *Rosa marginata* Wallr., *R. rubiginosa* L., *Rosa spinosissima* L., *Viburnum lantana* L. Серед трав'янистих покритонасінних рослин особливий інтерес становлять такі родові комплекси, як *Campanula* L. (*Campanula carpatica* Jacq., *C. glomerata* L., *C. persicifolia* L., *C. rotundifolia* L.), *Iris* L. (*Iris sibirica* L., *I. halophila* Pall., *I. pontica* Zapal., *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L.), *Stipa* L. (*Stipa pennata* L., *S. pennata* var. *anomala* (P.A.Smirn.) Tzvelev, *S. capillata* L., *S. dasyphylla* (Lindem.) Czern. ex Trautv., *S. lessingiana* Trin. & Rupr., *S. pulcherrima* K. Koch, *S. zaleskii* Wilensky), *Paeonia* L. (*P. tenuifolia* L., *Paeonia daurica* Andrews), *Adonis* L. (*Adonis vernalis* L., *A. wolgensis* Steven), *Tulipa* L. (*Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult.f., *T. suaveolens* Roth.), *Ornithogalum* L. (*Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch., *O. fimbriatum* Willd.), *Polygonatum* Tourn. ex Mill. (*Polygonatum hirtum* (Bosc ex Poir.) Pursh, *P. odoratum* (Mill.) Druce), *Anemone* L. (*Anemone sylvestris* L., *A. ranunculoides* L.), *Pulsatilla* Mill. (*Pulsatilla grandis* Wend., *P. nigricans* Storck), *Cerastium* L. (*Cerastium biebersteinii* DC., *C. cerastoides* (L.) Britton). Цікавими, як потенційно декоративні рослини, також є види: *Colchicum autumnale* L., *Crocus banaticus* J. Gay, *Asphodeline lutea* (L.) Rchb., *Galanthus nivalis* L., *Leucojum vernum* L., *Viola alba* Besser, *Dianthus gratianopolitanus* Vill., *Dictamnus albus* L., *Draba aizoides* L., *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. López., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Clematis integrifolia* L., *Convallaria majalis* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Inula helenium* L., *Primula veris* L., *Prunella grandiflora* (L.) Scholler, *Lysimachia vulgaris* L., *Scilla sibirica* Haw.

Вищезазначені рослини переважно зростають на ділянках лабораторії природної флори, де проводиться особливо активна робота по створенню колекцій рідкісних та зникаючих видів рослин (71 вид) та лабораторії дендрології (18 видів). Вказані колекції можуть бути надалі використані для реінтродукції вищезазначених таксонів в природні умови різних регіонів України.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ В КАВІТАЦІЙНИХ УМОВАХ НА СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ОРГАНІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

Вашкурак У.Ю., аспірант, Шевчук Л.І., д.т.н., професор, Афтаназів І.С., д.т.н., професор
Національний університет «Львівська політехніка»

Стрімкий розвиток харчової промисловості, в тому числі і олійно-жирової промисловості, спричинює виникнення великої кількості стічних вод. Наявні технології і методи водоочищення не забезпечують достатнього ступеня водоочищення від органічних і біологічних забруднень. Пошук нових технологій є необхідним, оскільки це дасть можливість повторно використовувати відпрацьовані стічні води, і як результат, зменшить потребу у водопостачанні прісною водою. В якості такої технології, можна розглядати кавітаційну обробку води, яка призводить до руйнування органічних домішок та знезараження води від біологічних забруднень.

Об'єктом дослідження були стічні води ВП «Львівський жиркомбінат» ТОВ «Щедро» з органічними та мікробіологічними забрудненнями, вихідні значення хімічного споживання кисню коливаються в діапазоні (705-1450) мгО₂/дм³, вихідні значення мікробного числа (17,8*10⁶ – 38,5*10⁶) КУО/см³. Ступені руйнування органічних речовин та ступені знезараження води розраховувалися для 120-ї хвилини проведення досліду.

З рис. 1. видно, що найкращого результату досягнуто при сумісній дії кисню з ультразвуком, ступінь очищення становить 51,2%. Найменший ефект одержано при

спільній дії ультразвуку з азотом, при цьому ступінь очищення становить 24,4%. Проміжними є застосування суміші газів азоту та кисню у співвідношенні 1:1 з ультразвуком і повітря з ультразвуком, ступінь очищення становить 37,2% та 31,7% відповідно.

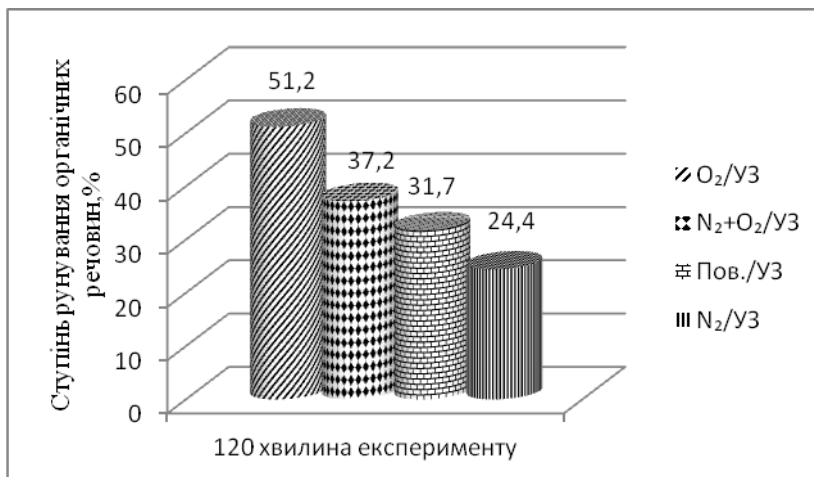


Рис.1. Ступінь руйнування органічних речовин в 120 хв. досліді в присутності газів різної природи з використанням ультразвукових хвиль

Відносний ряд згубного впливу газів на органічні речовини в умовах кавітації:

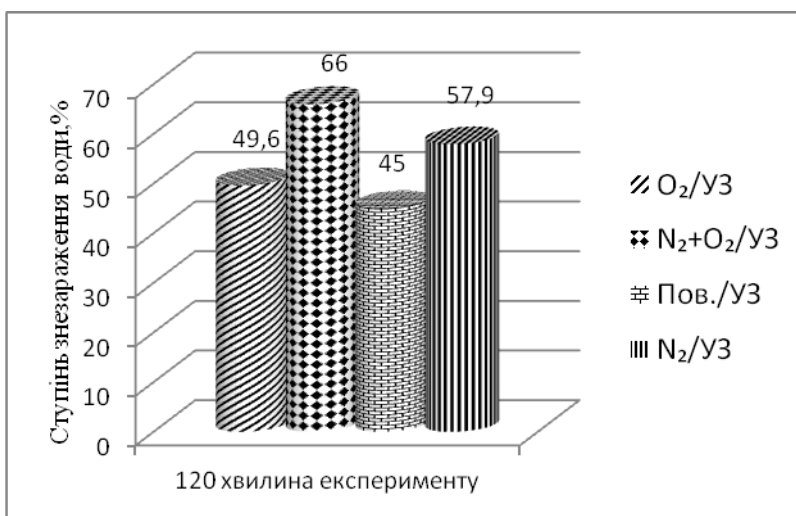
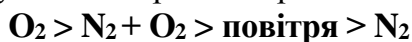
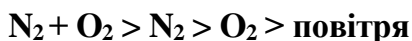


Рис. 2. Ступінь знезараження води в 120 хв. досліді в присутності газів різної природи з використанням ультразвукових хвиль

На рис.2. зображено результати, одержані при сумісній дії ультразвуку з газами різної природи. Спільна дія суміші газів азоту і кисню у співвідношенні 1:1 з ультразвуком є найбільш ефективною, ступінь знезараження сягає 66%. Незначно гірший результат при сумісній дії азоту з ультразвуком, ступінь знезараження води 57,9%. В результаті обробки досліджуваних стічних вод киснем з ультразвуком одержали ступінь знезараження 49,6%. Найнижчого результату досягнуто спільною дією повітря з ультразвуком, ступінь знезараження води 45%.

Відносний ряд згубного впливу газів при кавітаційних умовах на біологічні забруднення:



Сумісна дія газів різної природи з ультразвуком сприяє руйнуванню як органічних, так і біологічних забруднень. Проте, для руйнування органічних забруднень найбільш

доцільно застосовувати сумісну дію кисню з ультразвуком, тоді як для знезараження води від біологічних забруднень найбільш ефективною є спільна дія суміші газів азоту і кисню у співвідношенні 1:1 з ультразвуком.

РОЗДІЛЕННЯ НІТРАТІВ ТА СУЛЬФАТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІОНООБМІННОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

Возна І.П., Трус І.М., к.т.н, Гомеля М.Д., д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вода – джерело існування життя на Землі. Останнім часом спостерігається погіршення якості природних вод. По мірі зростання антропогенного впливу загострюються проблеми засолення поверхневих, особливо при скиді величезних об'ємів недостатньо очищених стічних вод. На підвищення мінералізації впливає скид стічних вод, які мають велику кількість солей. Джерелами таких стічних вод частіше всього стають промислові та енергетичні об'єкти, комунальні господарства та шахти. Знесолення таких вод можна проводити різними методами, але головною проблемою є те, що в процесі очищення утворюється велика кількість відходів, а точніше концентрованих розчинів з високим вмістом солей. Їх утилізація є дуже складною проблемою. Перспективним методом, який би не шкодив навколишньому середовищу та не забруднював природні об'єкти є технологія комплексного очищення стічних вод, з подальшою переробкою отриманих відходів в корисні продукти.

Також негативним фактором є скид кислих високомінералізованих шахтних вод, які мають дуже високу концентрацію сульфатів. Очищення таких вод проводять в основному з використанням зворотного осмосу. У накопиченому концентраті знаходиться велика кількість сульфатів та хлоридів, що значно ускладнює їх переробку [1-3]. Великою проблемою знесолення води є те, що дуже важко очистити води, які містять не лише сульфати, а й нітрати. Найбільш доцільним методом обробки вод, що містять в значній кількості нітрати й сульфати є іонообмінне розділення [4]. В даній роботі були використані модельні розчини, що містили сульфати в концентрації від 800 до 1500 мг/дм³ та нітрати – від 100 до 1000 мг/дм³.

Першим етапом роботи було дослідження ефективності розділення нітратів та сульфатів на аніоніті АВ-17-8. Використали аніоніт в NO₃⁻ формі. За наявності нітратів при концентраціях сульфатів 800 мг/дм³ (рис.1), ємність аніоніту до проскоку по сульфатах складала 917 мг-екв/дм³, при цьому повна обмінна ємність сягає 1744 мг-екв/дм³ (табл.1).

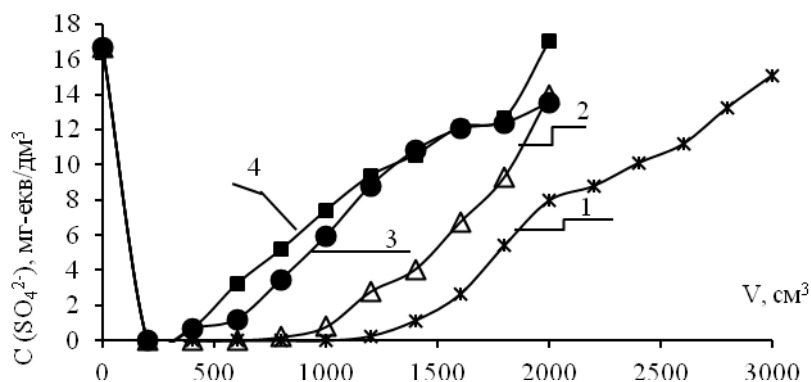


Рис. 1 – Залежність залишкової концентрації сульфатів від пропущеного об'єму розчину через аніоніт АВ-17-8 в NO₃⁻ формі при концентрації нітратів у вихідному розчині, мг/дм³: 0 – (1); 100 – (2); 500 – (3); 1000 – (4)

Селективність аніоніту по сульфатах знижується зі збільшенням кількості нітратів. Ефективність розділення нітратів і сульфатів зменшується при підвищенні їх концентрації в воді (рис.2 табл.1).

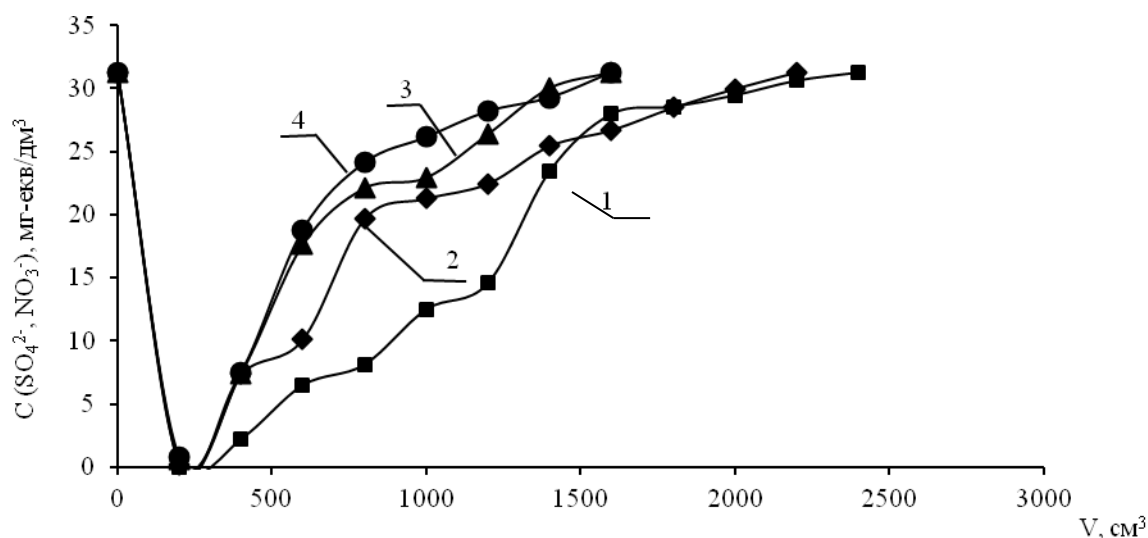


Рис. 2 – Вплив концентрації нітратів в розчинах ($[\text{SO}_4^{2-}] = 1500 \text{ мг/дм}^3$; $[\text{NO}_3^-]$, мг-екв/дм³: 0,00 (1); 1,61 (2); 8,06 (3); 16,13 (4) на вихідні концентрації сульфатів (1-4) при фільтруванні розчинів через аніоніт АВ-17-8 в NO_3^- формі.

Таблиця 1 – Залежність величини обмінної ємності аніоніту АВ-17-8 до проскоку (ОДЄП) та його повної обмінної ємності (ПОДЄ) по сульфатах від складу розчину

Обмінна ємність по SO_4^{2-} , мг-екв/дм ³	Концентрація сульфатів, мг/дм ³							
	800				1500			
	Концентрація нітратів, мг/дм ³							
	0	100	500	1000	0	100	500	1000
ОДЄП	917	500	167	83	313	250	-	-
ПОДЄ	1744	1289	1019	891	1594	1156	918	839

Отже, з результатів випливає, що при концентраціях нітратів до 100 мг/дм^3 та при концентраціях сульфатів менших за 800 мг/дм^3 ефективність розділення даних іонів є достатньо високою для отримання індивідуальних речовин або продуктів, придатних для використання після знесолення води, що містила нітрати та сульфати.

Використана література

1. Макаренко І.М. Іонообмінне знесолення та пом'якшення вод із підвищеними рівнями мінералізації та жорсткості / І.М. Макаренко, І.М. Трус, В.М. Грабітченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2014. – № 1 (43). – С. 235-241.

2. Гомеля Н.Д. Исследование процессов ионообменного обессоливания высокоминерализованных вод / Н.Д. Гомеля, И.Н. Трус, А.И. Петриченко // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2014. – № 2. – С. 47-51.

3. Трус И.Н. Разделение хлоридов и сульфатов при ионообменном обессолинии воды / И.Н.Трус, Н.Д.Гомеля, Т.А. Шаблій // Metallurgical and Mining Industry – 2014. – № 5. – С. 119-122.

4. Грабітченко В.М. Розділення сульфатів і нітратів під час іонообмінного знесолення води / В.М. Грабітченко, І.М. Трус, М.Д. Гомеля // Вісник національного технічного університету України «КПІ» Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2014. – № 2 (13). – С. 72-76.

МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ВОДИ

Нечухрін О.В. , к.т.н. Трус І.М., проф., д.т.н. Гомеля М.Д.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Водопідготовка і водопостачання – важливі елементи людської діяльності в промисловості і в побуті. Але завдяки все тій же діяльності, яка довгий час, а у деяких випадках і дотепер, лишається нераціональною, придатні для використання та різноманітних потреб водні ресурси стрімко скорочуються, а ціни на них також стрімко зростають. Водопідготовка та водопостачання тепер стають головним напрямком в підвищенні ефективності та модернізації всього виробництва. Хороша водоочистка та водопідготовка – основні напрямки, якими сьогодні повинні займатися більшість виробництв. І щоб вирішити ці проблеми, необхідно забезпечити якісним обладнанням та кваліфікованими працівниками свої виробництва.

На даний час все більш широко в промисловості і побуті знаходять застосування мембранні методи очистки води. Основними перевагами мембранних технологій, в порівнянні зі звичайними фізико-хімічними фільтраційними методами є такі: ступінь очистки є дуже високою, яка проходить в одну стадію; зникає необхідність застосовувати різні технологічні ланцюги; якість фільтрату залишається стабільним, при будь-якому складі вхідного розчину; для того, щоб проводити мембранну очистку води, нам практично не потрібно застосовувати хімічні домішки та реагенти.

Очистка мембранними методами поділяється на такі типи: мікрофільтрація – це коли під дією тиску діляться суспензії та колоїдні розчини; ультрафільтрація – проводиться також за участі тиску і полягає у розділенні рідких сумішей; зворотній осмос – це процес розділення рідини, що полягає у проникненні через напівпроникну мембрану того чи іншого розчинника під дією тиску, який прикладений до розчину, і який є більший його осмотичного тиску; діаліз – це розділення в результаті різної швидкості дифузії речовини через деяку мембрану, яка може проходити в присутності концентраційного градієнта; електродіаліз – при цьому процес іони розчиненої речовини проходять крізь мембрану за участі електричного поля, що має вигляд електричного потенціалу градієнта.

Всі ці види мембран мають деякі вимоги, які відрізняються між собою, до якості води. Мікрофільтраційні мембрани та ультрафільтраційні мембрани працюють в діапазоні рН від 1 до 13, вони не бояться хлору та великої кількості зважених речовин. Мембранам нанофільтрації і зворотного осмосу буде потрібна попередня обробка води, видалення розчиненого в ній заліза, нейтралізація окисників і видалення зважених частинок. Всі види мембран потребують належного дотримання технологій використання, не дивлячись на високий рівень автоматизації. Мембрани необхідно чистити та промивати з певною періодичністю для того, щоб запобігти незворотного забруднення та виходу з ладу.

Екологічна ситуація, яка склалася в сучасному світі сприяє ширшому використуванню мембранних методів очистки. Поясненням цьому є підвищені вимоги до складу та якості води, вмісту в ній різних бактерій, нітратів, сполук хлору, фторидів і т.п. Мембрани, які використовують в сучасному світі, мають високу ефективність та є універсальними в очистці води, яка має різні складові забруднення. Також однією з важливих рис в сучасній мембранній очистці є «екологічна чистота» - тобто відсутність реагентів, що використовувались та відсутність осадів і скидів, які несуть небезпеку в навколишнє середовище, при цьому створюють утилізаційну проблему.

Відомо, що ефективність баромембранного опріснення води в значній мірі залежить від якості її попереднього очищення [1,2]. При тривалому фільтруванні води через нанофільтраційні мембрани на їх поверхнях утворюються відкладення, що призводять до зниження продуктивності мембран [3]. Для стабілізаційної обробки води модельного розчину ($C(SO_4^{2-}) = 13,0$ мг-екв/дм³, $Ж = 9,5$ мг-екв/дм³, $Л = 4,5$ мг-екв/дм³, $C(Cl^-) = 3,0$ мг-екв/дм³, рН = 8,50) було використано слабокислотний катіоніт [4]. Проведені дослідження

показали, що мембрана була досить селективною по сульфатах та іонах жорсткості. В роботі запропоновані методи попередньої стабілізаційної обробки води, що дозволяє підвищити ефективність процесів баромембранного знесолення води та збільшити термін експлуатації мембран.

Література:

1. Трус І.М. Вплив попереднього механічного доочищення води на ефективність зворотньоосмотичного опріснення води / І.М. Трус, М.Д. Гомеля, В.М. Радовенчик // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 9 (198) Ч.2. – С. 197-202.
2. Гомеля М.Д. Нанofільтраційне опріснення слабомінералізованих вод / М. Д. Гомеля, І. М. Трус, В. М. Грабітченко // Вопросы химии и химической технологии. – 2014. – № 1. – С. 98-102.
3. Гомеля М.Д. Оцінка ефективності зворотньоосмотичного опріснення води після її пом'якшення на слабокислотному катіоніті / М.Д. Гомеля., І.М. Трус, В.М. Радовенчик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 3. – С. 32-36.
4. Гомеля Н.Д. Влияние стабилизационной обработки воды на слабокислотном катионите в кислой форме на качество нанofільтрационного опреснения шахтной воды / Н.Д. Гомеля, И.Н. Трус, Я.В. Радовенчик // Научный вестник национального горного университета. – 2014. – № 5 (143). – С. 100-105.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ, ЛЕЧЕНИЯ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СКОТА И АНТИСЕПТИКА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛУПРОДУКТА, ПРИМЕНЯЮЩЕГОСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Фирсов О.П.,¹ Голосман Е.З. профессор, д.х.н.,² Ефремов В.Н. к.т.н.,² Скарлыгин М.Н.,¹ Бородако Е.Н.,³ Скарлыгина Е.Н.³

¹Общество с ограниченной ответственностью «СФК Агро», г. Смоленск, Россия

²Общество с ограниченной ответственностью «НИАП-КАТАЛИЗАТОР», г. Новомосковск, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью «СФК Агро», г. Челябинск, Россия

На основе модифицированного полупродукта, применяющегося в производстве медьсодержащих катализаторов, на лабораторном и промышленном оборудовании отработана технология приготовления препаратов для защиты растений, лечения грибковых заболеваний копыт скота и антисептика.

Проведен комплекс физико-химических исследований с применением прецизионных методов анализа: рентгенографический, дифференциально-термический, аналитический контроль химического состава препаратов. Полученные экспериментальные данные и результаты комплексных исследований позволили разработать технологию приготовления модифицированного медноаммиачнокарбонатного раствора, отличающуюся высокой интенсификацией процесса [1]. Приготовление осуществляется путем растворения оксида меди, гидроксида меди или электролитической меди в аммиачно-карбонатном растворе с дополнительным введением в него затравки в виде соединения меди, имеющей валентность Cu^{+2} , с интенсивным перемешиванием и принудительной аэрацией воздуха.

Для выяснения морфологии поверхности (препараты наносились на стекло разбрызгиванием через форсунку), обработанной Бордосской смесью и препаратом «МедьАгро», были выполнены исследования с привлечением метода электронной микроскопии.

Было обнаружено, что поверхность, обработанная Бордосской смесью, после высыхания образована крупными кристаллами. Поверхность, обработанная «МедьАгро», полностью равномерно покрыта слоем, образовавшегося дисперсного малахита.

Данное явление, несомненно, будет оказывать благоприятное воздействие при применении препарата в качестве фунгицида и микроудобрения.

В связи с тем, что стоимость порошкообразной меди ниже стоимости катодной меди, начаты исследования режимов растворения порошкообразной меди. Осуществляется также подборка и др. видов сырья для приготовления аммиачно-карбонатного раствора.

Проведен ряд исследований по отработке технологии введения в «МедьАгро» различных добавок (Zn и др.), необходимых в качестве микроэлементов для различных культур при использовании на полях с различной почвой.

Препарат «МедьАгро» представляет собой концентрированный раствор, хорошо растворимый в воде в любых пропорциях. За счет содержащихся в препарате свободного аммиака и углекислоты в виде их водных растворов, во время обработки растений осуществляется также их внекорневая подкормка, а отсутствие в нем ионов сильных оснований и кислот не будет приводить к ожогам растений. Препарат не содержит в своем составе вредных примесей.

«МедьАгро» имеет преимущества перед применяющимися медьсодержащими фунгицидами. Низкая стоимость, самый легкий в приготовлении рабочий раствор, который может храниться длительное время в том числе при отрицательных температурах до минус 10 °С, минимальный расход на единицу обрабатываемой площади, высокая эффективность, не уступающая конкурирующим препаратам, минимальное количество обработок растений в сезон, одновременно с обработкой растений осуществляется их внекорневая подкормка, препарат и рабочий раствор не корродирует металлы [2].

В различных регионах страны проведены масштабные эффективные испытания «МедьАгро» в качестве средства защиты растений.

Начаты исследования применения модификаций препарата в качестве антисептика при обработке древесины.

Его растворы практически не реагируют с железом, в связи с чем, не имеют ограничений для обработки конструкций, в которых есть железные части (болты, гайки и пр.).

«МедьАгро» можно использовать для антисептирования древесины в помещениях, где содержатся животные, так как препарат не представляет для них опасности.

В последнее время были выявлены новые феноменальные свойства модифицированного медно-аммиачно-карбонатного раствора, получившего название «Х-Ноoves». Речь идет о лечении животных от болезней грибкового и бактериального происхождения. По статистике в различных странах от 20 до 40 % поголовья имеют патологию отдела конечностей. Этому в значительной степени способствуют создание крупных животноводческих комплексов, большая концентрация поголовья и конечно нарушения технологии содержания.

По данным отечественных и зарубежных исследователей экономический ущерб от заболеваний конечностей крупного рогатого скота чрезвычайно велик.

Профилактическая эффективность препарата «Х-Ноoves» почти в 100 раз выше чем от применения раствора медного купороса, причем бактерицидное действие препарата частично начинает проявляться даже в разведениях 1 : 10, 1 : 100 и более.

Важно отметить практический опыт применения «Х-Ноoves» в различных племязаводах, сельхозпредприятиях, колхозах. Ветеринарными врачами и руководителями предприятий отмечается, что ныне применяемые для профилактики и лечения крупного рогатого скота препараты, к сожалению, являются достаточно токсичными и вредными не

только для животных, но и для персонала, так как в их состав входят формальдегиды и медный купорос. Препарат «X-Hooves» имеет ряд преимуществ, так как является более экологически чистым и безопасным продуктом, имеет высокие бактерицидные свойства, формирует на конечностях животных нано-пленку, которая обеспечивает защиту до следующей обработки. Рабочий раствор готовится легко – просто разбавляется водой. Как отмечалось, немаловажными преимуществами препарата «X-Hooves» являются длительный срок хранения и низкая цена.

Недавно в Смоленске завершено строительство первой очереди специализированного производства экологически чистых препаратов «МедьАгро» и «X-Hooves».

В декабре 2018 г. коллектив разработчиков препаратов стал победителем XV конкурса «Национальная Экологическая Премия им. В.И. Вернадского».

Литература

1. Голосман Е.З. Основные закономерности синтеза и формирования цементсодержащих катализаторов для различных процессов органического, неорганического и экологического катализа / Голосман Е.З. // Кинетика и катализ. – 2001. – т. 42. – № 3. – С. 383-393.

2. Фирсов О. Перспективы открываются большие... / Фирсов О., Ефремов В., Костылев А., Голосман Е. // Химия и бизнес. – № 7-8(189). – 2015. – С. 44-45.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ

Ковалева А.А., Залыгина О. С. к.т.н., доц.

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)

Химическое никелирование достаточно широко внедрено в гальванотехнику благодаря ценным свойствам покрытия: высокой равномерности, большой твердости, значительной коррозионной стойкости и износостойкости. Процесс основан на химическом восстановлении ионов никеля до металла с помощью гипофосфита натрия.

Главным преимуществом процесса химического никелирования является равномерное распределение металла по поверхности детали сложного профиля, что недостижимо при электрохимическом покрытии. Нанесение покрытия возможно на внутренние полости и каналы изделия, что технологически сложно реализовать при гальваническом нанесении [1]. Также химический способ позволяет получать покрытие на мелких деталях (например, на деталях часовых механизмов), а также на крупногабаритных изделиях (покрытие внутренних поверхностей железнодорожных цистерн).

Вместе с тем химическое никелирование оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Наиболее распространенными отходами химического никелирования являются осадки сточных вод и отработанные технологические растворы.

Осадок сточных вод образуется при очистке промывных сточных химического никелирования, которые образуются в результате многочисленных операций промывки деталей между стадиями технологического процесса и обладают относительно невысокими концентрациями ионов никеля.

Для очистки промывных сточных вод химического никелирования разработано большое количество методов: химический (реагентный) метод, электрокоагуляция, метод ионного обмена, электродиализ, обратный осмос, сорбция и другие. На предприятиях используются химический метод и электрокоагуляция, общим недостатком, которых является образование большого количества осадков сточных вод. Переработка этих осадков затруднена вследствие непостоянства и многокомпонентности их состава. Поэтому осадки сточных вод часто хранятся на территории предприятий, создавая угрозу загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

В настоящее время предлагается ряд различных способов переработки осадков сточных вод, чаще всего в силикатной промышленности для производства керамического кирпича, керамзитового гравия, глазурных покрытий и т.д. Гораздо меньше внимания уделяется жидким отходам, к которым относятся растворы из ванн улавливания и отработанные растворы химического никелирования.

Растворы из ванн улавливания предназначены для долива воды в ванну никелирования с целью компенсации потерь воды, испаряющейся с зеркала электролита [2], и снижения сброса токсичных компонентов в сточные воды. Содержание компонентов в данных растворах пропорционально их содержанию в ванне никелирования и при длительной работе достигает 10-30 % от концентрации в основной ванне.

Наиболее опасными жидкими отходами являются отработанные растворы химического никелирования. Для них характерны высокие концентрации ионов никеля, которые обладают токсическим, канцерогенным и мутагенным действием.

Сегодня на различных предприятиях отработанные электролиты относят к сточным водам и сбрасывают на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами. Это усложняет работу очистных сооружений вследствие периодического повышения концентрации загрязняющих веществ в сточной воде или приводит к необходимости затрачивать большое количество чистой воды для предварительного разбавления концентрированных отработанных электролитов.

В настоящее время предложены различные физико-химические методы по переработке жидких отходов химического никелирования, основанных на извлечении никеля в виде:

- металлического никеля;
- растворимых солей никеля;
- малорастворимых соединений никеля.

Методы по извлечению металлического никеля или в виде его растворимых солей являются весьма сложными, требующими квалифицированного обслуживания и экономически оправданы лишь для крупномасштабного производства.

Осаждение никеля в виде малорастворимых солей является наиболее перспективным, что связано с простотой аппаратного оформления и обслуживанием технологического процесса [3]. Преимуществом метода является и то, что при правильном выборе химического реагента (осадителя) происходит осаждение ионов никеля в широком интервале начальных концентраций.

Поскольку, жидкие отходы химического никелирования характеризуются высокой концентрацией ионов никеля, обладающих хромофорными свойствами, целесообразно провести исследования по извлечению Ni^{2+} в виде окрашенных соединений, которые могут использоваться в качестве пигментов. Цветовые характеристики наиболее распространенных никельсодержащих пигментов представлены в таблице.

Таблица – Цветовые характеристики некоторых никельсодержащих пигментов

Название пигмента	Химическая формула	Цвет
гидроксид никеля	$Ni(OH)_2$	зеленый
оксид никеля	NiO	от зеленого до черного
фосфат никеля	$Ni_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ($Ni_3(PO_4)_2$)	зеленый (желтый)
карбонат никеля	$NiCO_3$	желтый или зеленый
тетрагидроксид-карбонат триникеля	$Ni_3(OH)_4CO_3 \cdot 4H_2O$	изумрудно-зеленый
титанат никеля	$NiTlO_3$	желтый
хромовая шпинель	$NiO \cdot Cr_2O_3$	ярко-зеленый

Наиболее востребованными из названных пигментов являются гидроксид, оксид и фосфат никеля. Поэтому в качестве осадителей Ni^{2+} из отработанных растворов химического никелирования и растворов ванн улавливания были выбраны гидроксид и ортофосфат натрия.

Проведенные исследования показали, что при добавлении фосфата натрия к отработанному раствору химического никелирования осаждение не происходит, по-видимому, вследствие образования сложных комплексов. При использовании в качестве осадителя гидроксида натрия образуется осадок ярко-зеленого цвета, который можно использовать в качестве пигмента.

Литература

1 Никандрова, Л.И. Химические способы получения металлических покрытий / Л.И. Никандрова. – Л.: Машиностроение. – 1971. – 104 с.

2 Лихачев, В.А. Автооператорные гальванические линии / А.В. Лихачев, Ю.П. Хранилов. – Горький: Изд. ГГУ. – 1983. – 73 с.

3 Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов, В.Н. Клумин, Н.С. Торочешников. Учебник для вузов. 2-е изд. – М.: Химия. – 1989. – 512 с.

АВАРИИ НА ВОДОЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ -ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Байдук А.В., Касперов Г.И. к. т. н., доц

Белорусский государственный технологический университет (г.Минск)

Водоснабжение и канализация играют ключевую роль в здоровье человека, и нарушение или ухудшение их работы, особенно в чрезвычайных ситуациях, способно превратить эти системы в источник загрязнения. Как показывает, анализ литературных источников в современных условиях последствия такого загрязнения могут выйти за пределы пострадавшей территории и даже государственных границ. Работая при повышенных нагрузках, при ЧС все элементы систем водоснабжения и канализации становятся опасными объектами, которые отрицательно влияют на санитарное состояние окружающей среды, повышают риск химического и биологического загрязнения водных объектов и увеличивают опасность заболеваний. При наводнениях в воду и почву будут попадать неочищенные стоки, загрязненные канализационные стоки будут уменьшать способность природных водоемов и водотоков разбавлять их до безопасной концентрации. В крупных городах недостаток воды снизит способность канализационных коллекторов самоочищаться, а паводковые воды будут переполнять ливневую канализацию и загрязнять сточные воды. Особенно сильно подобные аварийные ситуации будут ощущаться в сельских районах, где коммунальные инфраструктуры отсутствуют или находятся в неудовлетворительном техническом состоянии [1].

Происходить аварии на очистных сооружениях могут по нескольким причинам: отключение электричества, износ оборудования, погода и стихийные бедствия, человеческий фактор и ненормативная работа очистных сооружений. Аварии на очистных сооружениях могут быть локального характера, а могут очень быстро перерасти в настоящую экологическую трансграничную катастрофу, так как моря и реки государственных границ не имеют и способны распространять ядовитые стоки на очень большие расстояния, став причиной гибели живых организмов и нанося окружающей среде непоправимый вред. Именно поэтому в рамках выполнения задания 3.1.04 «Исследование масштабов и разработка прогнозных моделей развития деформаций гидротехнических сооружений водоемов технического назначения (охладительных, очистных, технологических) для профилактики и оценки последствий чрезвычайных ситуаций» ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» были выполнены исследования, нацеленные на предотвращение аварий на очистных сооружениях любого типа.

Как показали натурные обследования очистных сооружений районных и областных центров Беларуси, проведенных в 2016-2018 годах, данные сооружения - это сочетание механических и биологических методов очистки сточных вод. Причем, как правило, наличие в составе очистных сооружений прудов биологической очистки, относимых нами к техническим водоемам, обязателен независимо от масштабов и объемов поступающих сточных вод. Наличие большого количества площадных водных объектов, к которым относятся пруды биологической очистки, включающие в себя различные гидротехнические сооружения: водосбросы, перепуски, затворные механизмы, дамбы обвалования и др. имеют различный срок эксплуатации, износ и являются потенциально опасными. В этой связи, оценка состояния такого типа объектов и сооружений на них, с выявлением и классификацией локальных разрушений и деформаций - является актуальной задачей.

По [2] были установлены качественные показатели состояния гидротехнических сооружений (ГТС), а именно по каждому водоему технического назначения (очистных) были приняты шесть таких показателей, характеризующих разрушения, деформации и другие параметры технического состояния ГТС.

Для определения качественных показателей состояния гидротехнических сооружений (ГТС) водоемов технического назначения (очистных) по подходам, изложенных в [2], были предложены категории безопасности ГТС:

– нормальный уровень безопасности. При данном уровне ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, показатели состояния ГТС не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, первоочередные мероприятия по обеспечению надежности и безопасности ГТС выполняются в установленные сроки;

– неудовлетворительный уровень безопасности. Снижается механическая или фильтрационная прочность элементов сооружений, превышаются предельно допустимые значения показателей состояния ГТС для работоспособного состояния, а также другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии;

– опасный уровень безопасности. Снижается прочность и устойчивость ГТС и их оснований, показатели состояния ГТС превышают предельно допустимые значения, характеризующие переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований.

Результаты проведенных натурных обследований [3] по качественной оценке технического состояния пятидесяти водоемов технического назначения (очистных) показали, что:

– доминирующую роль в развитии деформаций откосов водоемов технического назначения (очистных) играет режим колебания уровней и развитие фильтрационных явлений, проявляющихся в виде суффозионных выносов в нижнем бьефе земляных сооружений, контактной фильтрации вдоль бетонных конструкций, а также просадок гребня дамб и плотин и локальных участков развития абразионных процессов;

– многие объекты очистных сооружений находятся в крайне неудовлетворительном состоянии и требуют ремонта или их реконструкцию. Установлено, что 61,8% соответствуют нормальному уровню безопасности, 28,7% - неудовлетворительному, 9,5% - опасному уровню;

– на вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций на очистных сооружениях важную роль оказывает человеческий фактор – качество изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации объекта повышенной опасности, каковыми являются все без исключения ГТС;

– наибольшее количество аварий происходит на очистных сооружениях предприятий, срок эксплуатации которых превышает 35-40 лет и более.

Литература

Ляпичев, Ю. П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений/ Ю. П. Ляпичев. – М.: РУДН, 2008. – 222 с.

Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений. РД 153-34.2-21.342-00. М.: 2001 – 24 с.

Разработать научно-методические основы ведения мониторинга состояния сооружений на водоемах технического назначения для оценки последствий и ущербов от чрезвычайных ситуаций: отчет о НИР (окончат.) /БГТУ; рук. темы Г.И.Касперов. – Минск, 2018. –254 с. – № ГР 20160782.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Самойлов Н.А.¹ д.т.н., Иорданский А.Л.² д.х.н., Ольхов А.А.³ к.т.н.,
Консейсао А.А.-да⁴ д.т.н.

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия,

²Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, Россия,

³Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова, Москва, Россия,

⁴Школа Жозино Машел, Мапуту, Мозамбик

Масштабные аварийные разливы нефти и нефтепродуктов наблюдаются преимущественно при их перемещении трубопроводным, морским, железнодорожным и автомобильным транспортом, составляя от нескольких до десятков тысяч тонн. Разливы нефтепродуктов на почве являются локальными, заполняя преимущественно котловины и впадины местности, но в результате пропитки почвы требуют уже после трудоемкой зачистки поверхности проведения многолетней рекультивации. Разливы на поверхности морей, рек и озер сложно ликвидировать, так как даже небольшие по объему разливы занимают большую площадь акватории, например, разлив даже 1 м³ нефти толщиной 2 мм занимает площадь 500 м². Несмотря на наличие разнообразных механических устройств для сбора аварийных разливов нефтепродуктов, наиболее перспективно использование для этих целей сорбентов-поглотителей.

Универсальные эффективные сорбенты должны иметь высокую поглощающую способность, обеспечиваемую за счет высокопористой глобулярной или волокнистой текстуры со специфическими олеофильными и гидрофобными свойствами, позволяющими впитывать нефтепродукты как с поверхности почвы, так и воды. Большое значение для поглощения нефтепродуктов, сопровождаемых капиллярными явлениями, имеют их вязкость, поверхностное натяжение, плотность, продолжительность контакта сорбента с нефтепродуктом и толщина его слоя на поверхности воды или почвы (рис.).

Большое значение для оценки качества сорбентов имеет возможность многократного использования сорбента с утилизацией собранного нефтепродукта, а также уничтожения отработанного сорбента.

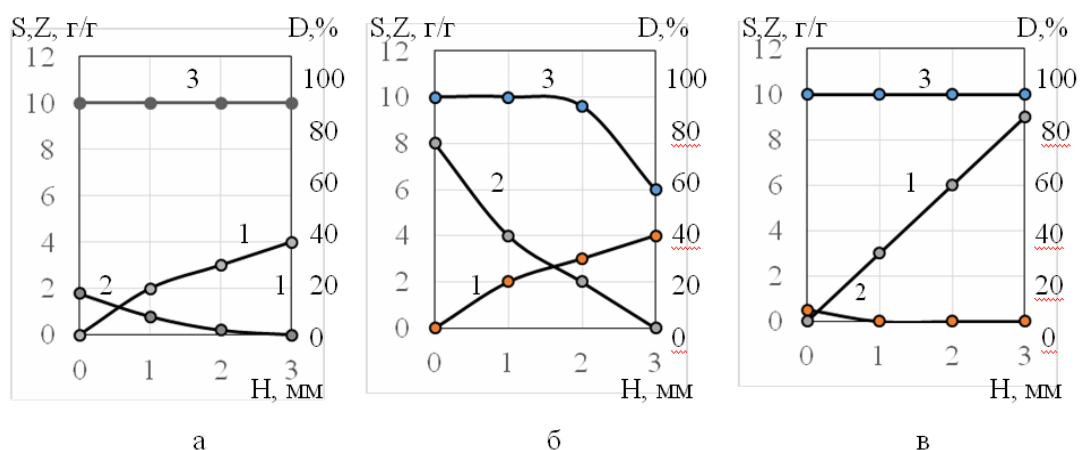
Исследование нескольких десятков потенциальных сорбентов позволяет разделить их на четыре характерные группы (табл.):

1. гидрофильные сорбенты с жестко фиксируемым объемом и волокнисто-капиллярной структурой, характеризующиеся низким нефтепоглощением S и высоким водопоглощением Z ;

2. нейтрофильные сорбенты с деформируемым объемом и глобулярной структурой, характеризующиеся одновременно высокими S и Z ;

3. нейтрофильные сорбенты с деформируемым объемом и волокнистой структурой, характеризующиеся одновременно высокими S и Z ;

4. олеофильные сорбенты с деформируемым объемом и волокнистой структурой характеризуются высокой величиной S и низкой Z .



Зависимость нефтепоглощения S (1) и водопоглощения Z (2) сорбента и степени очистки водного зеркала D (3) от толщины слоя нефти H на поверхности воды для резиновой крошки (а), соломенной сечки (б) и сорбента «СИНТАПЭКС» (в).

Характеристика некоторых потенциальных сорбентов для сбора нефтепродуктов

Сорбент	S , г/г	Z , г/г	Сорбент	S , г/г	Z , г/г
Первая группа:			Третья группа:		
- солома пшеничная	4.1	4.3	- нетканый волокнистый материал (лавсан)	14.0	13.9
- камышовая сечка	2-8	4.1	- стекловолокно	5.4	1.7
- древесные опилки	1.7	4.3	- хлопчатобумажное полотно	3.2	4.0
- шелуха гречихи	3.5	2.2	- синтепон	46.3	42-52
- мох высушенный	3.5	3.1	Четвертая группа:		
- торф	17.7	24.3	- «СИНТАПЭКС» (Уфа)	24.4	0.2
- уголь древесный	4.5	1.0	- ватин	24-27	0.2
Промышленные сорбенты для сбора нефти:			- «DULROMABSORB» (Мапуту)	33-43	0.2
- «Лессорб» (торфяная пыль обработанная, Россия)	9.1	2.5	- полиэфир ПЛА (Москва)	30.5	3.8
- «Пит Сорб» (ФРГ, фирма Клон Инк.)	6.2	0.7	- полиэфир ПГБ (Москва)	44.8	6.9
Вторая группа:			- нетканый волокнистый полипропилен («Агрил»)	13.9	1.5
- поролон листовой	35.2	25.9	- отходы ватного производства	8.3	0.4
- поролон гранулы	36.9	30.7			
- пенопласт гранулы	9.2	4.4			

Дополнительное модифицирование может существенно изменять первоначальные свойства сорбентов. Например, обработка торфа при производстве промышленных сорбентов «Лессорб» и «Пит Сорб» хотя и снижает величину нефтепоглощения в 2-3 раза, но при этом в 10-30 раз уменьшается водопоглощение, что позволяет эти сорбенты использовать для сбора тонких слоев и пленок нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. Особый интерес и необходимость дальнейшего изучения представляют сорбенты с высокими эксплуатационными свойствами СИНТАПЭКС (Уфа), «DULROMABSORB» (Мапуту), в которых водопоглощение подавляется наличием тонких жировых слоев на

поверхности растительных волокон. Кроме того, весьма перспективными можно считать олеофильные волокнистые биополиэфиры ПЛА и ПГБ (ИХФ РАН Москва), которые являются пока единственными из синтетических органических сорбентов с дополнительным свойством быстрого разложения микроорганизмами при захоронении на полигонах, что важно с позиций уничтожения отработанного сорбента.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Война Ю.С., Касперов Г.И. к. т. н., доц

Белорусский государственный технологический университет

Аварии на очистных сооружениях могут быть локального характера, а могут очень быстро перерасти в настоящую экологическую трансграничную катастрофу, так как моря и реки государственных границ не имеют и способны распространять ядовитые стоки на очень большие расстояния, став причиной гибели живых организмов и нанося окружающей среде непоправимый вред. Нами в рамках выполнения задания 3.1.04 «Исследование масштабов и разработка прогнозных моделей развития деформаций гидротехнических сооружений водоемов технического назначения (охладительных, очистных, технологических) для профилактики и оценки последствий чрезвычайных ситуаций» ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» проведены исследования по разработке организационно-технических мероприятий, нацеленных на предотвращение аварий на очистных сооружениях любого типа

Очистные сооружения представляют собой специализированное оборудование для очистки сточных вод, которое может быть локального типа, то есть устанавливаться на небольших объектах, так и промышленного. Промышленный комплекс очистных сооружений – это и есть та линия, проходя через которую загрязнённые стоки (пищевые, химические, сельскохозяйственные) очищаются от вредных примесей, способных неблагоприятно повлиять на водоёмы, куда их сбрасывают, и на экологическую обстановку в целом. Несомненно, аварии на очистных сооружениях промышленного типа являются наиболее опасными и могут повлечь за собой самые негативные последствия, так как продуктом производственного процесса нередко становятся агрессивные стоки, содержащие примеси тяжёлых металлов и других токсичных веществ [1]. Наличие на очистных сооружениях большого количества различных гидротехнических сооружений: водосбросы, перепуски, затворные механизмы, дамбы обвалования и др., которые имеют различный срок эксплуатации и износ определяет их потенциальную опасность. В этой связи, оценка технического состояния такого типа объектов и сооружений на них, с выявлением и классификацией источников разрушений и деформаций - является актуальной задачей.

Проведенные натурные обследования очистных сооружения районных и областных центров показали, что эти сооружения представляют собой сочетание механических и биологических методов очистки сточных вод [3]. Сооружения механической очистки осуществляют очистку хозяйственно-бытовых стоков путем задержания крупных механических примесей и осаждения взвешенных веществ (решетки, песколовки, отстойники). В сооружениях биологической очистки происходит разложение (минерализация) органических веществ, содержащихся в сточной жидкости с помощью микроорганизмов. Сооружения биологической очистки сточных вод в почвенных условиях представлены: биологическими фильтрами, полями фильтрации, поля подземной фильтрации, полями подземного орошения, полями орошения, песчано-гравийными фильтрами, фильтрующими траншеями - фильтрующий колодец. В водной среде сооружения биологической очистки сточных вод представлены: аэротенками различных конструкций и биологическими прудами.

Биопруды зпроектированы как с естественной, так и с искусственной аэрацией. При очистке в биопрудах сточные воды не должны иметь БПК_{полн} : свыше 200 мг/л – для прудов с естественной аэрацией и свыше 500 мг/л – для прудов с искусственной аэрацией. При БПК_{полн} свыше 500 мг/л применяется предварительная очистка сточных вод. В пруды для глубокой очистки допускается направлять сточную воду после биологической или физико-химической очистки с БПК_{полн} не более 25 мг/л – для прудов с естественной аэрацией и не более 50 мг/л – для прудов с искусственной аэрацией. Биопруды устроены на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах осуществляются противофильтрационные мероприятия. Расположены пруды с подветренной стороны по отношению к жилой застройке стороны господствующего направления ветра в теплое время года. Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией не менее 20. Причем, как правило, наличие прудов биоочистки, относимых нами к технологическому типу водоемов обязателен независимо от масштабов и объемов поступающих сточных вод.

Результаты проведенных натурных обследований [3] в период с 2018 по 2019 годы по качественной оценке технического состояния пятидесяти водоемов технического назначения (очистных) приведены в таблице.

Таблица – Качественная оценка технического состояния водоемов технического назначения (очистных)

Показатели	% объектов по категориям безопасности *		
	I	II	III
Просадки, подвижки, оползни, трещины откосов и гребня плотины	48	36	16
Разрушение креплений, просадка, оползание, раскрытие швов и деформации плит креплений откосов и гребня плотины **	42	46	12
Повреждение облицовок, заиливание, зарастание, перемерзание водосборных кюветов	60	28	12
Целостность, проточность, перемерзание водовыпусков из закрытых дренажных устройств **	73	18	9
Появление выходов воды в примыкании плотины к бетонным сооружениям **	63	29	8
Оползание откосов плотины и береговых примыканий	66	28	6

Примечания: * - нормальный уровень (I), неудовлетворительный уровень(II) и опасный уровень (III) безопасности [2];

** - для отдельных объектов исследований категории безопасности не определялись, ввиду отсутствия показателей.

Литература

Ляпичев, Ю. П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений/ Ю. П. Ляпичев. — М.: РУДН, 2008. — 222 с.

Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений. РД 153-34.2-21.342-00. М.: 2001 – 24 с.

Разработать научно-методические основы ведения мониторинга состояния сооружений на водоемах технического назначения для оценки последствий и ущербов от чрезвычайных ситуаций: отчет о НИР (окончат.) /БГТУ; рук. темы Г.И.Касперов. – Минск, 2018. –254 с. – № ГР 20160782.

МОНИТОРИНГ ОБРАЗЦОВ ВОДЫ В РЕГИОНЕ СОЛИГОРСКОГО РАЙОНА НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРИДОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ

Ключенович Д.Д., Крутько Э.Т. д.т.н., проф.

Белорусский государственный технологический университет

Целью данной работы являлось определение содержания ионов натрия и калия в природных и питьевых водах Солигорского региона (г.Солигорск, Солигорский калийный комбинат).

Для проведения анализа был выбран метод эмиссионной фотометрии пламени и исследованы следующие образцы природных вод: колодезная вода (Солигорский район, поселок городского типа (п.г.т.) Старобин); река Случь (Солигорский район); Солигорское водохранилище; Родник (Солигорский район); водопроводная вода; скважина (Поселок Погост-2) и шламонакопитель.

Исходя из данных предельно-допустимых концентраций (ПДК): для ионов натрия (Na^+) ПДК = 200 мг/л; для ионов калия (K^+) ПДК = 12 мг/л.

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы (см. табл. 1): шламонакопитель содержит наибольшее количество ионов натрия и калия – 57 300 и 143 000 мг/л соответственно; река Случь является источником с наименьшим содержанием ионов калия – 2,9 мг/л; наименьшее содержание ионов натрия наблюдается в водопроводной воде – 6,1 мг/л; скважина поселка Погост-2 – источник с наибольшим содержанием ионов натрия и калия после шламонакопителя – 54,6 и 39,1 мг/л соответственно.

Относительная ошибка эксперимента $\pm 3-5\%$

Таблица 1

Содержание ионов натрия и калия в исследуемых образцах

Название источника	Содержание ионов натрия, мг/л	Содержание ионов калия, мг/л
Водопроводная вода	6,1	3,2
Колодезная вода (Солигорский район, п.г.т Старобин)	29,2	31,8
Река Случь	13,8	2,9
Родник (Солигорский район)	19,6	3,9
Скважина (Поселок Погост-2)	54,6	39,1
Солигорское водохранилище	38,5	35,2
Шламонакопитель	57 300	143 000

В ходе исследования установлено, что значения определяемых величин по содержанию натрия и калия лежат в диапазоне требований ПДК, кроме шламонакопителя. Но и это входит в диапазон нормы, так как шламонакопитель используется по своему прямому назначению: для хранения и осаждения вымываемых солей натрия и калия из шламохранилищ солеотвалов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ NaCl И KCl В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ МОЗЫРЬСКОГО РАЙОНА

Станько М.В., Крутько Э.Т. д.т.н., проф.

Белорусский государственный технологический университет

Содержание соли в питьевой воде – это природная составляющая, зависящая от характеристик той местности, где находится источник. Как правило, вода из поверхностных источников характеризуется меньшим содержанием растворённых солей, чем из подземных водоносных горизонтов.

Нами для аналізу були взяті образці води из рек Припять и Неначь, колодца, технической воды из Мозырского машиностроительного завода и водопроводной воды из нескольких районов города Мозыря.

В данной работе концентрации NaCl и KCl при их совместном содержании определялись с помощью эмиссионной фотометрии пламени на пламенном фотометре. Определение основано на измерении интенсивности света, излучаемого возбужденными атомами натрия и калия при введении анализируемого раствора в пламя горелки [1].

Принцип метода заключается в следующем. Анализируемый раствор распыляют в виде аэрозоля в пламя горелки. Возникающее излучение определяемого элемента отделяется от постороннего с помощью светофильтра и, попадая на фотоэлемент, вызывает фототок, который измеряется с помощью микроамперметра

Одним из преимуществ метода фотометрии пламени является быстрое определение натрия и калия при совместном присутствии, поскольку резонансные линии в эмиссионных спектрах натрия и калия достаточно удалены друг от друга и легко разделяются при помощи светофильтров. При определении натрия используют наиболее чувствительные резонансные линии дублета 589,0 и

589,9 нм, при определении калия – 766,5 и 769,9 нм.

Необходимая для возбуждения атомов этих металлов температура 900-1000 С достигается при сжигании смесей воздуха с природным газом.

В области разбавленных растворов интенсивность излучения и измеряемая с помощью прибора сила фототока, линейно зависят от концентрации определяемого элемента.

Работу выполняли методом серии добавок. Для проведения анализа измеряли величины фототока пробы и нескольких растворов той же пробы с добавками стандартных растворов натрия и калия при двух светофильтрах. Строили два графика в координатах сила фототока - концентрация добавки и по ним находили концентрацию натрия и калий в исследуемой воде как величину отрезка, отсекаемого прямой на оси абсцисс.

Метод добавок можно применять только в том случае, когда зависимость сигнала от концентрации является линейной, что необходимо проверить предварительно путём фотометрирования серии стандартных растворов.

Чаще всего метод добавок используют при анализе проб сложного состава, так как прирост аналитического сигнала при добавке стандартного раствора связан только с определяемым компонентом, а сигналы от мешающих компонентов пробы остаются постоянными [2,3].

Проанализировав данные образцы, мы получили следующие результаты:

В таблице 1 приведены найденные концентрации NaCl в воде.

1- технической с Мозырского машиностроительного завода, 2- из реки Неначь, 3- из реки Припять, 4- колодца, 5- водопроводной, соответственно.

Таблица 1 Содержание хлористого натрия в воде

Образец №	1	2	3	4	5
Концентрация NaCl, мг/л	362,35	315,59	321,44	373,93	184,095

В таблице 2 приведены найденные концентрации KCl в воде:

Таблица 2 Содержание хлористого калия в воде

Образец №	1	2	3	4	5
Концентрация KCl, мг/л	104,4	82,00	74,55	164,0	149,1

1- технической с Мозырьского машиностроительного завода, 2- из реки Неначь, 3- из реки Припять, 4- из колодца, 5- водопроводной соответственно.

Таким образом, сравнивая концентрации NaCl и KCl в воде, взятой из разных мест города Мозыря, с нормами ПДК, оказалось, что по KCl все соответствует норме, а по NaCl превышена норма для технической воды с Мозырьского машиностроительного завода и воды, взятой из колодца, где концентрации составляют 362,35 и 373,93 мг/л NaCl, соответственно.

Литература

1. Соколовский А.Е. Физико-химические методы анализа/ А.Е. Соколовский, Е.В. Радион// Минск : БГТУ, 2008.-118 с.

2. Радион Е.В. Физико-химические методы анализа /Е.В. Радион, А.Е., Соколовский, Н. А. Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум / Е.В. Радион [и др.]; под ред. Е.В. Радион. – Минск: БГТУ, 2010.-110 с.

3. Таубе П.Р. Химия и микробиология воды. / П.Р.Таубе, А.Г.Баранова. -Москва: Высшая школа, 1983.-250 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОПА В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ

Шибека Л. А. к.х.н., доц., Синькевич В.О

Белорусский государственный технологический университет

Согласно данным статистической отчетности [1] общее водопотребление Республики Беларусь в 2017 году составило 1 263,5 млн. м³. Значительным потреблением воды характеризуются следующие сферы народного хозяйства [1]:

- сельское, лесное и рыбное хозяйство – 443,8 млн. м³ (35,1%);
- водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений – 392,1 млн. м³ (31,0%);
- снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом – 192,4 млн. м³ (15,2%);
- обрабатывающая промышленность – 179,6 млн. м³ (14,2%).

Из общего объема потребляемой предприятиями обрабатывающей промышленности воды на долю промышленных объектов, осуществляющих производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха, приходится 8,8 млн. м³ (около 5%). Указанные предприятия относятся к числу значительных водопотребителей, поскольку практически все технологические процессы, осуществляемые на них, требуют водных ресурсов.

Сточные воды данных предприятий характеризуются разнообразным качественным и количественным составом, а также неравномерным образованием стоков в течение суток. Это обусловлено широким ассортиментом выпускаемой продукции на таких объектах, что в свою очередь вызывает необходимость использования разных по компонентному составу композиций, содержащих красители, закрепители, стабилизаторы цвета и т.д.

Цель работы – оценка возможности использования скопа в процессах очистки сточных вод от красителей.

Скоп представляет собой отход, образующийся в процессе очистки сточных вод предприятий по производству бумаги и картона. Скоп имеет высокую влажность и содержит в своем составе короткие целлюлозные волокна. В соответствии с классификатором отходов [2] скоп относится к группе VII «Отходы целлюлозы, бумаги, картона» и имеет 4 класс опасности. В настоящее время он практически не используется и подлежит захоронению.

В работе проведены исследования по использованию скопа в процессах очистки сточных вод от красителей. Исследования проводили на образцах скопа, отобранных на одном из промышленных объектов, осуществляющих выпуск бумажно-картонной

продукции. Образцы скопа высушили при температуре 140 °С и 175 °С. В работе использовали образцы скопа, размер частиц которых не превышал 1 мм.

Исследования проводили на модельных растворах сточных вод, содержащих различные красители в концентрации 10 мг/дм³. В качестве красителей использовали кислотный краситель – беменикс серый С-VL и основной краситель – метиленовый голубой. Эффективность очистки сточных вод оценивали по изменению оптической плотности раствора до начала эксперимента и после контакта скопа с раствором по истечении 2 часов. Содержание скопа в пробе составляло 2, 4 и 6 г/дм³.

Результаты исследований по применению скопа в отношении извлечения кислотного красителя представлены на рисунке 1а.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшей эффективностью очистки сточных вод (92,3%) в отношении кислотного красителя беменикса серого С-VL обладает образец скопа, высушенный при температуре 140 °С и находящийся в растворе в концентрации 2 г/дм³; наихудшей (56,4%) – этот же образец скопа при концентрации 4 г/дм³. Максимальная эффективность очистки воды при использовании скопа, высушенного при 175 °С, составляет 69,2% при содержании скопа в пробе 6 г/дм³.

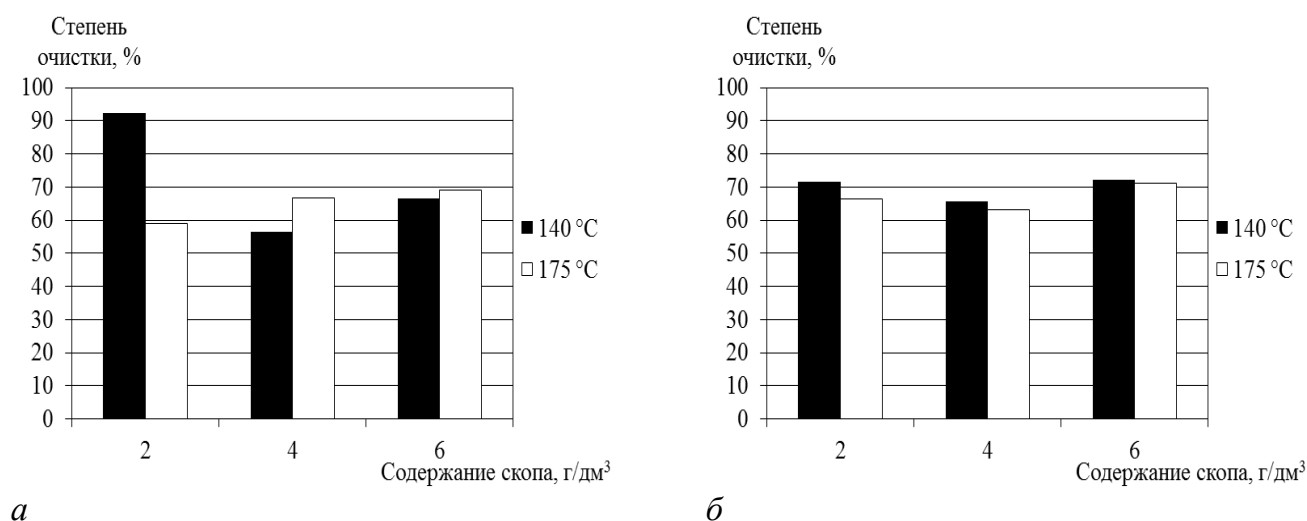


Рисунок 1 – Эффективность процесса очистки сточных вод от кислотного (а) и основного (б) красителя

Результаты исследований по отношению к основному красителю (метиленовый голубой), представленные на рисунке 1б, свидетельствуют о более низкой степени очистки сточных вод при использовании данных образцов скопа. Максимальная эффективность очистки составляет около 72%. Полученные результаты свидетельствует о протекании помимо физической сорбции молекул красителя на волокнистых включениях, входящих в состав скопа, процессов химического взаимодействия.

Увеличение содержания сорбента в пробах при использовании скопа, высушенного при 140 °С, не приводит к резкому увеличению степени очистки сточных вод. При этом эффективность очистки сточных вод от красителей не изменяется или, даже, уменьшается. Возможно, это обусловлено вторичным загрязнением пробы волокнистыми включениями скопа, что увеличивает мутность воды и оптическую плотность раствора.

Полученные результаты свидетельствуют также о том, что для большинства проб с увеличением температуры сушки образцов скопа эффективность очистки сточных вод снижается как в отношении кислотного, так и в отношении основного красителя. Это, вероятно, обусловлено частичным уплотнением образцов скопа при

высокотемпературной сушке, что приводит к снижению пористости и уменьшению удельной поверхности сорбента.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что скоп может использоваться в процессах очистки сточных вод от красителей. Наиболее целесообразным является применение скопа, высушенного при температуре 140 °С в содержании 2 г/дм³.

Литература

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 227 с.

2. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №85 от 08.11.2007 г. (в ред. постановлений Минприроды от 30.06.2009 г. №48, от 31.12.2010 г. №63, от 07.03.2012 г. №8) – 94 с.

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В БЕЗОТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Хмылко Л.И.¹, к.х.н., доцент; Перминов Е.В.², к.т.н., доцент

¹УО «Белорусский государственный технологический университет»

²УО «Белорусский государственный экономический университет» Минск, Беларусь

Ресурсосбережение в химико-технологических производствах является важнейшим направлением в развитии народного хозяйства. Особенно это важно на современном этапе, когда вопросам создания безотходных технологий в сельском хозяйстве и промышленности уделяется особое внимание.

На кафедре общей и неорганической химии Белорусского государственного технологического университета разработаны способы получения сорбентов на основе лигниноцеллюлозных материалов, представляющих собой многотоннажные отходы сельскохозяйственного производства и деревообработки [1]. Обработка материалов на основе растительного сырья (целлюлозы, древесины, льнотресты) для получения сорбентов проводилась в двух направлениях: высокотемпературной обработкой с целью получения углеродных материалов с заданными свойствами и низкотемпературной модификацией азот- и фосфорсодержащими реагентами целлюлозосодержащих материалов [2]. Такие сорбционно-активные материалы содержат большое количество функциональных групп, способных к образованию комплексных соединений с поглощаемыми катионами металлов. Преимущество волокнистых сорбентов, полученных модификацией природных материалов, состоит в том, что они имеют развитую удельную поверхность, пористую структуру, высокую обменную емкость, селективность, относятся к дешевым и возобновляемым источникам сырья. Проведенные исследования углеродных сорбентов показали, что они обладают высокими ионообменными характеристиками по отношению к ионам тяжелых металлов (хрома, свинца, кадмия, цинка, меди) и близки по основным параметрам к наиболее эффективным из известных волокнистым сорбентам на основе полиакрилонитрила и угольных волокон (23,5–50,2 мг/г). Также они обладают высокой адсорбционной активностью к органическим веществам. По метиленовому голубому сорбционная активность оказалась равной 160–170 мг/г, по иоду – 58–66%.

Полученные при низкотемпературной модификации волокнистые целлюлозосодержащие сорбенты обладают достаточно высокой обменно-сорбционной емкостью по катионам кальция, магния, меди, цинка, трехвалентного хрома, которая в зависимости от условий модификации сорбента находится в пределах 2,8 – 3,2 мэкв/г. По данным сканирующей электронной микроскопии мольное соотношение элементов фосфора, азота и сорбируемого металла колеблется в интервалах 1:(1,6-2):(1,8-2,2) соответственно.

Перечисленные выше факты позволяют использовать отработанные сорбенты как удобрения. Известно, что сами целлюлозосодержащие материалы (древесные опилки, солома, льнотреста) применяются для улучшения структуры и повышения гумуса почв. Кроме того разработанные материалы в результате химической модификации содержат высокий процент микроэлементов, азота, фосфора и могут постепенно выделять питательные вещества в почву. Отработанные сорбенты имеют достаточно хорошие физико-химические характеристики: оптимальный размер гранул, пористая структура, практически не слеживаются, не комкуются, в связи с чем отсутствует необходимость гранулирования или агломерирования. Влагопоглощение таких удобрений при относительной влажности воздуха 80 – 85% после месяца хранения составляет 2 – 4%. Дополнительные преимущества оказывает кислая среда в структуре сорбента за счет наличия фосфорнокислых и азотсодержащих функциональных групп, которые оказывают дополнительное растворяющее действие на фосфоритные структуры, образующиеся в результате химической модификации древесины и льнотресты. Это позволяет получать по простой бескислотной технологии комплексные удобрения длительного действия. Присутствие азотсодержащих групп за счет карбамида в составе растительных сорбентов способствует образованию прочных гранул с повышенной устойчивостью к истиранию, слеживаемости и позволяет в процессе сорбции из водных растворов включать различные соли с полезными микроэлементами с целью получения высокоэффективных комплексных удобрений.

Как еще один из способов утилизации отработанных углеродных сорбентов после насыщения катионами металлов можно рассматривать использование их в качестве поризующего компонента (выгорающей добавки) при получении теплоизоляционных тугоплавких керамических материалов. Были проведены исследования керамических образцов, где содержание добавленного сорбента варьировалось в интервале 10–20% по массе. Полученные результаты (линейная усадка, влагопоглощение, кажущаяся пористость и плотность, предел механической плотности при сжатии) показывают, что основные физико-химические характеристики легковесных тугоплавких керамических материалов соответствуют техническим условиям ГОСТ.

Полученные сорбенты могут быть использованы также для очистки промышленных и бытовых сточных вод, при водоподготовке и других ионообменных технологиях.

Литература.

1. Khmylko L., Malashonok I. Sorbents based on cellulose materials for sewage treatment / L. Khmylko, I. Malashonok. XIX Mendeleev Congress on general and applied chemistry: Volgograd, 25 – 30. September, 2011. – Volgograd: Publishing house of education-scientific literature of VSTU, 2011. – Abstract Book in 4 volumes. – V.3. – P. 549.

2. Л.И., Хмылко. Сорбенты на основе целлюлозы и их утилизация / Хмылко Л.И. Международная научно-практическая конференция «Химия и экология – 2015», сборник материалов. – Салават, 25 марта 2015 г. – С. 152-156.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНИХ СТИМУЛЯТОРІВ НА ЕНЕРГІЮ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ *TAGETES PATULA L.*

Вішталюк О. І., Ветрова А. Д. ст. гр. ПЕО-18д

Науковий керівник к.б.н., доц. Блінова Н. К.,

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Створення зелених зон у міському середовищі є важливим завданням для комфортного перебування людини. Природно-кліматичні умови нашого регіону з піщаними ґрунтами, сильною спекою та малою кількістю опадів влітку, контрастними змінами температур не сприяють якісному пророщуванню насіння рослин, вкоріненню та зростанню саджанців.

В літературі є багато даних про вживання різних біологічно-активних природних та штучних речовин, які стимулюють процеси росту та розвитку рослин. Але успішність їх використання, рекомендації та дози по їх вживанню розроблені переважно для сільськогосподарських рослин [1].

Стимулятори росту – це речовини, що здійснюють стимулюючу, або гальмівну дію на процеси пророщування насіння, росту та розвитку рослин. Фітогормони та стимулятори поділяють на 4 групи:

ауксини - речовини важливі для розвитку кореневої системи. Вони визначають ріст камбію – клітин, які знаходяться безпосередньо під корою або шкіркою пагонів. Від їх розвитку залежить транспортування поживних речовин по всіх частинах рослини;

гібереліни - активізують пробудження та проростання – цибулин, кореневищ, бульб, насіння, цвітіння та формування зав'язі, допомагаю рослинам накопичувати поживні речовини і потрібні мікроелементи;

цітокініни - допомагають прокидатися брунькам, стимулюють їх активний ріст, беруть участь в регуляції процесу старіння листя;

брасини - тримають в тонусі та стимулюють імунну систему садових і городніх рослин, допомагають долати стресові умови, допомагають рослинам утворювати повноцінні плоди і зав'язувати добре насіння.

Рослинам буває недостатньо їх власних гормонів. При пересадці, розподілі кущів, зайвій спеці або холоді, посузі або перезволоженні – вони потребують додаткової допомоги стимуляторів.

Метою нашого дослідження було порівняння енергії пророщування насіння квіткових рослин під впливом водних розчинів корневина, епіна та циркона в лабораторних умовах.

Досліди проводили в лабораторних умовах при температурі навколишнього середовища біля 16⁰С. Препарати «Епін», «Циркон», «Корневин» набували в магазинах для садівництва. Вибрані біостимулятори є малотоксичними для людини (3 та 4 класи небезпеки) та дозволені для вживання в сільському господарстві в Україні (табл.1). При роботі з даними препаратами дотримувалися вимог безпеки і правил особистої гігієни.

Таблиця 1

Характеристика препаратів біостимуляторів

№п/п	Назва препарату	Діюча речовина	Функція	Клас небезпеки
1.	Корневин	Індолілмасляна кислота (ІМК), група ауксинів (гормонів росту)	Стимулятор корнеутворення	3
2.	Епін	Епінбрасинолід - синтетичний аналог природного фітогормону	Регулятор росту, адаптоген, підвищує імунітет	3
3.	Циркон	Розчинені в спирті гідроксикоричні кислоти з ехінацеї пурпурової (<i>Echinacea purpurea</i>)	Регулятор росту комплексної дії, антистресова речовина	4

Розчини препаратів готували згідно до інструкції на відстояній питній воді. Об'єктом дослідження було насіння квіткових рослин – французьких чорнобривців *Tagetes patula L.* Тагетес є невибагливими рослинами, які зазвичай характеризуються високою схожістю. Вибрано зовні неушкоджене насіння по 10 шт, яке спочатку замочували дві години в розчинах препаратів в чашках Петрі (контролем служила відстояна питна вода з водогону), потім його висаджували в горщики з ґрунтом. Ґрунт становили з торфу, перегною, піску з додаванням агроперліту. Далі відбувалась обробка препаратами один

раз на тиждень. Загальна тривалість дослідів складала три тижні. Дію речовин оцінювали за енергією проростання насіння та схожістю насіння з наступним визначенням морфометричних показників: довжина проростку, довжина коріння та його розгалуженість, довжина сем'ядольних листків.

За результатами наших дослідів реакція насіння тагетес на природні та синтетичні стимулятори неоднакова (табл.2). Схожість насіння почали спостерігати вже на сьомий день після початку опитів.

Таблиця 2

Основні дані, отримані в експерименті

№п/п	Назва препарата	Кількість пророслого насіння	Кількість проростків із справжніми листками	Довжина кореня, см	Довжина сем'ядольних листків, см
1.	Корневин	4	2	4,6	1,5
2.	Епін	7	4	3,8	1,5
3.	Циркон	5	1	3	1,3
4.	Контроль (вода)	5	4	5,9	1,8

В епіні з'явилося 4 проростка, в цирконі та та воді - 2, а в корневині -1 проросток. Темпи пророщування насіння показали високу швидкість росту у перший тиждень, з подальшим зниженням у другий тиждень. Більш ефективним для пророщування насіння виявився стимулятор росту епін. Отримані дані демонструють, що в епіні максимальною була енергія пророщування та схожість насіння в порівнянні з іншими препаратами та контролем (табл. 2). Всього в епіні проросло 70% насіння. Але довжина кореня, ступінь його розгалуження виявилися максимальними в контролі, далі по зменшенню цих показників, - при впливі корневина, потім епіна. Найнижчими були практично всі показники, які відображають енергію пророщування, при обробці насіння цирконом. Можливо, використана концентрація препарату циркону є високою для *Tagetes patula* і вона надавала гальмівну дію.

Література:

1.Острошенко В.В. и др. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) // Известия Самарского научного центра РАН – 2015. - №6. - С.242-246.

ENVIRONMENTAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENT AND WASTE DISPOSAL OF THERMAL POWER PLANTS (TPP)

Kvasova A.V. st.gr. PEO-18dm, Nadtochii Y.A. st.gr. PEO-18zm
scientific adviser Zubtsov E.I., associate

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Among the main directions of environmental and resource protection activities, first of all, are the neutralization and elimination of hazardous unused waste, the creation and development of low-waste technologies. [1]

Particularly acute is the problem of air pollution by combustion products of various fuels. The share of the main components of fuel combustion products (SO₂, CO, CO₂, NO₂, ash) reaches 90 % of the total emissions into the atmosphere of populated areas. Benz(a)pyrene and other polycyclic hydrocarbons may be present in the emissions of fuel oil plants. Emissions of heat power are characterized by the complexity of the composition, which significantly complicates the solution of the problem of air protection from pollution. [1]

When burning fuel in the air come: sulfur and sulfur anhydrides, nitrogen oxides, gaseous and solid compounds of incomplete combustion of fuel, vanadium compounds, sodium salts, as well

as substances removed from the surface of the boilers during cleaning. From the ecological point of view, liquid fuel is more "hygienic". At the same time, the problem of ash dumps, which occupy large areas and not only excludes them from useful use, but also are a source of permanent pollution of the atmosphere in the area of the station due to the entrainment of the ash by winds, will completely disappear. In addition, there is no fly ash in the combustion products of liquid fuels. However, the use of liquid fuels in the energy sector has been significantly reduced in recent years. [2]

On average, for the construction of large thermal power plants need an area of about 2-3 km², not counting ash dumps and reservoirs, coolers. Taking into account the slag dumps, quarries, access roads and auxiliary buildings, the area occupied by the power plant increases to 3-4 km² [3]

In this area, the terrain is changing, the characteristics of the surface runoff, the structure of the soil layer and the ecological balance are violated. [3]

Large cooling towers in the cooling system of the condensers of thermal power plants significantly moisturize the microclimate in the vicinity of the power plant, contribute to the formation of low clouds, fog, reduce sunlight, causing a drizzling rain. With cooling water, the TPP emits a large amount of heat to the nearest reservoirs, which increases the temperature of the water. The effect of heating on the flora and fauna of water bodies varies depending on the degree of heating. [2]

Emissions into the atmosphere are one of the main factors of power plants impact on the natural environment. The largest amount of harmful substances is present in the combustion products during the operation of TPP on solid fuel, especially with a high content of mineral, non-combustible parts. [3]

The main components released in the process of fuel combustion are microelements, inorganic oxides and polycyclic hydrocarbons. Atmospheric deposition of trace elements involved in the pollution of all other components of the biosphere — water, soil and vegetation.

Above-ground parts of plants are collectors of all kinds of atmospheric pollution, and their chemical composition can be a good indicator for the allocation of contaminated areas, when compared with background values obtained for vegetation that has not been contaminated. [4]

According to the observations of some authors, liquid fuel contains high concentrations of vanadium due to the tendency of vanadium to be associated with organic substances, as well as sorption of trivalent vanadium V³⁺ lipids and choline — the main compounds involved in the formation of porphyrins. It is considered that the fuel oil ash contains vanadium pentoxide V₂O₅, however, the soil often with vanadium recovery metavante; ion VO₃—forming vanadium cation VO²⁺. According to some authors, a large part of the soil of vanadium mainly of vanadium cations can form complexes with guminovye acids. It is known that anionic forms of vanadium are characterized by mobility in soils and relatively high toxicity to soil microbiota. [1]

Nickel, manganese and iron released into the atmosphere by combustion of all fuels used by power plants are relatively stable in aqueous solutions and can migrate over long distances. In sewage sludge, Nickel is mainly present in the form of readily available organic chelates, i.e. it can be phytotoxic. [2]

The calculation showed that at present, the combustion of carbonaceous fuels into the atmosphere annually receives about 154000 tons of Nickel, i.e. higher than the emissions of the enterprises of the Nickel industry. [2]

Emissions of heat power are not only large in volume, but also complex in composition, which significantly complicates the solution of the problem of air protection from pollution. [3]

The complexity of heat power emissions is also due to the composition of the ash. The ash contains: vanadium, Nickel, lead, chromium and a number of other highly toxic components. Therefore, some researchers believe that the effect of ash on the body can be based not on the

fibrogenic effect, but the toxic effect of the heavy metals contained in it. As it was shown, ash with a high content of calcium oxide has, above all, a toxic effect. [5]

To determine the quantitative and qualitative composition of metals entering the atmosphere during fuel combustion at thermal power plants, studies have been conducted the content of V_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , N_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO_2 in flue gases taking into account the type of boiler and fuel combustion mode at a distance of 500–3000 m from the thermal power plant.

The diversity of the ash component composition significantly complicates its hygienic assessment, since such chemicals as V, Mn, N, Cr, etc. have different toxicometric parameters and regulations in the atmosphere. [5]

The results of the analysis of the emission structure indicate that the largest share is accounted for sulfur dioxide (87.1–92.3 %), nitric oxide (4.4–11.6 %), nitrogen dioxide (0.7 – 2.0%), fuel oil resin (0.4 – 0.1 %), vanadium pentoxide (0.3 – 0.4 %). [5]

The maximum daily, average daily and average annual concentrations of chemicals in the air varied widely from “acceptable” to exceeding the levels of the corresponding Macs tenfold in the thousand-meter zone of Kurakhovskaya and Uglegorskaya TPP. Average annual SO_2 concentrations ranged from 0.133 to 0.490 mg/m^3 . The content of NO and NO_2 was determined within 0.058 mg/m^3 ; 0.430 mg/m^3 . [5]

Among the carcinogenic emissions of fuel oil power plants, Benz(a)pyrene occupies a special place. One of the characteristics that determine the flow of this substance into the body is the summation of all its doses.

Thus, the main characteristics of air pollution are:

- dispersion over large areas and long-range transport;
- bioaccumulation, most often affecting the chemical composition of plants;
- formation of metabolites of chemicals in the process of their circulation in the environment.
- formation of metabolites of chemicals in the process of their circulation in the environment[4]

Chemicals entering the atmosphere, depending on the properties and structure, undergo a number of changes. The release of one individual substance into the environment can lead to the fact that the analysis shows the presence of up to 12–15 forms of metabolites. Migration of chemical pollutants in the elements of the biosphere rearranges the geosystem itself. [3]

Thermal power plants, according to the inventory, more than 75 different ingredients are emitted into the atmosphere. The analysis of air of industrial territories showed that there is a tendency to some decrease in gross emissions of aerosols and their stabilization in emissions, while in the gas composition of gross emissions such a pattern is not observed. [2]

The concentration of soot in the air of the industrial site of thermal power plants was determined by our laboratory in 1999–2000 and amounted to 0.145–0.158 mg/m^3 ; dust concentrations for the same period — 0.840–1.528 mg/m^3 . Thus, the dust concentration in industrial ash exceeded the maximum permissible concentration by 1.6–3.0 times.[1]

Due to the lack of efficiency of catching gaseous emissions, the environment receives a large number of trace elements, which with precipitation migrate into water, soil and plants, creating a stable shift of the natural balance of the biosphere. Only the development of low-waste and non-waste technological production in the modern conditions of Donbass determines not only the possibility of increasing production efficiency, but also the quality of life in the region.

We conducted a hygienic assessment of products and materials obtained using industrial waste, which was based on the methods of sanitary–chemical, Toxicological and physicochemical; chemical analyses conducted in laboratory and field conditions. In order to study the degree of migration of substances into the air and water environment, the analysis of pollutants of environmental objects in model conditions at different temperatures was carried out. [3]

Analysis of solid waste TPP Donbass showed that the high content of oxides of silicon, aluminum and iron makes this material particularly suitable for construction. Disposal of low-

calcium ash is a serious problem, however, in its mineral, chemical, Toxicological and structural characteristics, they are of great interest for the creation of soils rich in trace elements.

The quality of construction materials made of solid waste (ash dumps) is much superior in structural–mechanical and rheological properties of similar materials based on sand and cement. With prolonged water saturation, the mixture with ash changes the least, which has a positive effect on the stability coefficient. The porosity of the ash varies between 39 and 45 %, which meets the requirements of the components of asphalt mixtures. The swelling of the evils is minimal, which favorably affects the properties of asphalt mixtures. Water does not affect the strength of coatings. The chemical composition of solid waste TPP varies within a fairly narrow range and meets the requirements for all indicators for the manufacture of dense asphalt. [4]

Studies and production experience have shown that the ash of electric filters can also be used for the preparation of asphalt concrete mixture instead of stone flour. Thus, according to the particle size distribution, they meet the technical requirements for bitumen–mineral mixtures and can be used for this purpose without additional processing. [2]

Conclusion: thus, the environmental and economic effect of the use of solid waste TPP in various industries is composed of several factors: improvement of the environment and production environment, reduction of land allocated for ash dumps, reducing the cost of building materials, reducing the cost of production of inert materials (sand, gravel, gravel).

Literature:

1. Borysov M. A. Reabilitatsiya TES. Zabespespechennya staloyi roboty ob'yidnanoyi enerhosystemy Ukrayiny/ Enerhetyka ta elektryfikatsiya. – 2004. №3. – S. 2-3.

2. Petrov V. S., Honcharenko V. H., Poharova L. S. Problemy i perspektyvy rozvytku teplovoyi enerhetyky Ukrayiny/ Enerhetyka ta elektryfikatsiya. – 2001. – S. 42-44.

3. Sterman L. S., Lavyhyn V. M., Tyshyn S. H. Teplovye i atomnye elektrostantsiyi: Uchebnyk dlya vuzov. – 2-e yzd. – M.: Yzd-vo MEY, 2004. – 424 s.

4. Domashev E. A. Predposylky y vozmozhnye puty razvityya atomnoyi enerhetyky v Ukrayini/ Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya. – 2001. - №3. – S. 10-14

5. Varlamov H. V., Lyubchyk H. M., Malyarenko V. A. Teploenerhetychni ustanovky ta ekolohichni aspekty vyrobnytstva enerhiyi. – K.: Politekhnik, 2003.- 228 s.

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE INTERACTION OF THE SALT MELT COMPONENTS WITH OXIDIZING GASIFICATION PROCESSES OF SOLID FUELS

Chaplyhina A.V., st.gr. TNR-18dm

scientific adviser Zubtsov E.I., associate professor, candidate of technical sciences,

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

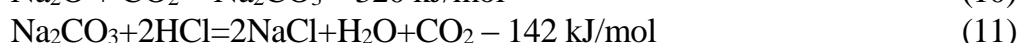
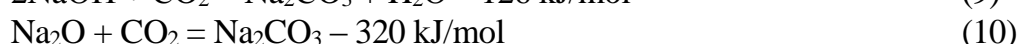
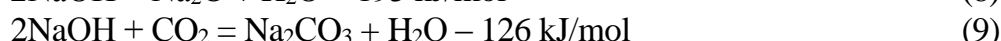
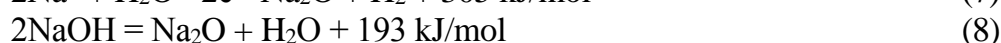
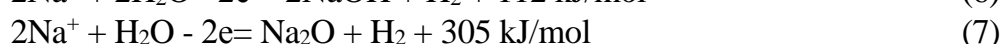
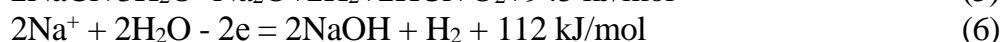
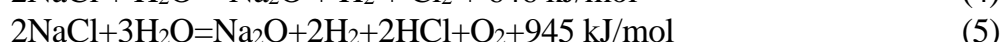
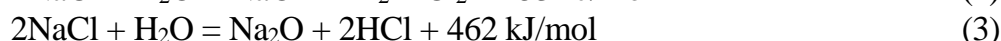
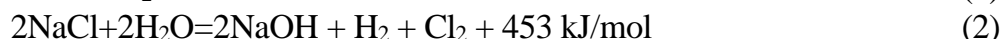
In modern chemical technologies, such as: conversion and pyrolysis of hydrocarbons and solid fuels, of great importance is the intensification of heat and mass transfer processes. One of the promising directions is the organization of the processes of conversion and pyrolysis of solid fossil fuels, liquid and gaseous hydrocarbons in the melts of inorganic salts, metals, their oxides and slags. The advantages of the technology of using melts for the organization of high endo - and exothermic reactions are their high heat capacity, thermal conductivity, a wide range of operating temperatures and intensification of heat and mass transfer processes. Due to the possibility of ensuring optimal temperature conditions in the entire reaction zone, chemical reactions in melts pass at high rates. For reactions with a significant Exo - or endothermic effect, the use of melts allows the removal of excess heat or its transfer to the reaction zone by means of circulation, and high surface tension and low viscosity make it possible to easily separate gaseous products [1].

The analysis of the chemical interaction of water vapor with melts is of great importance for the creation of an effective coal-to-synthesis gas conversion process. In this paper, a

thermodynamic analysis of possible reactions between the oxidant – water, reaction products – conversion gases and molten salt – sodium chloride and other components of the melt.

Depending on the conditions of the processes may vary the ratio of structural units in the melt. According to [2], at a temperature of 1073-1223 K, the molten sodium chloride is present mainly in molecular form and as fragments of the original frame structure, at higher temperatures – mainly in ionic form. Also, the gasifying agent – water can be present in the form of ions. Thus, at 298 K, the concentration of H^+ and OH^- ions in water is 1,004 g-ions/l. the degree of dissociation increases with temperature and at 0.1 MPa is: 0.034 (1288 K); 0.74 (1984 K); 8.6 (2488 K) [3].

For salt coals and using salt melt of sodium chloride [4] the search for specific reactions that can take place during water conversion was carried out:



Almost all reactions are endothermic, except for the interaction of hydroxide and sodium oxide with carbon dioxide (reactions 9 and 10, respectively) and sodium carbonate with hydrogen chloride (reaction 11). For reactions 1 – 13 equilibrium constants were calculated in the temperature range of the conversion process 1073 – 1373 K (table).

Table. The value of the equilibrium constants

Reaction	The equilibrium constant			
	1073	1173	1273	1373
1	$1,84 \cdot 10^{-5}$	0,00024	0,0029	0,034
2	$7,11 \cdot 10^{-20}$	$6,45 \cdot 10^{-17}$	$3,9 \cdot 10^{-14}$	$1,77 \cdot 10^{-11}$
3	$2,03 \cdot 10^{-17}$	$1,42 \cdot 10^{-15}$	$4,87 \cdot 10^{-14}$	$9,53 \cdot 10^{-13}$
4	$1,33 \cdot 10^{-26}$	$4,15 \cdot 10^{-24}$	$5,06 \cdot 10^{-22}$	$2,93 \cdot 10^{-20}$
5	$6,59 \cdot 10^{-35}$	$3,21 \cdot 10^{-31}$	$3,95 \cdot 10^{-28}$	$1,65 \cdot 10^{-25}$
6	$4,00 \cdot 10^{-11}$	$4,10 \cdot 10^{-9}$	$4,57 \cdot 10^{-7}$	$5,63 \cdot 10^{-5}$
7	$7,48 \cdot 10^{-18}$	$2,64 \cdot 10^{-16}$	$5,93 \cdot 10^{-15}$	$9,34 \cdot 10^{-14}$
8	$2,22 \cdot 10^{-7}$	$8,85 \cdot 10^{-8}$	$2,02 \cdot 10^{-8}$	$2,88 \cdot 10^{-9}$
9	525,86	37,05	2,73	0,21
10	$4,7 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^8$
11	$1,05 \cdot 10^7$	$8,72 \cdot 10^5$	$7,95 \cdot 10^4$	7708,39
12	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$7,66 \cdot 10^{-10}$	$3,37 \cdot 10^{-9}$	$1,18 \cdot 10^{-8}$
13	17,64	53,15	134,56	297,27

Fundamentally the reaction is possible if the conditions precluding the attainment of equilibrium. Constant removal of one of the products from the reaction zone excludes the establishment of equilibrium. Under operating conditions, products in the gas phase (HCl , H_2 , O_2 , H_2O , Cl_2) are constantly withdrawn from the reaction zone, sodium compounds ($NaOH$,

Na_2O , NaCl , Na_2CO_3) remain in the melt. The evaluation of the thermodynamic probability of reactions 1-13 is presented in table. Thermodynamic analysis shows that the reactions of sodium carbonate formation (reactions 9 and 10), the interaction of the latter with hydrogen chloride (reaction 11) and reaction 13 – the formation of HCl from molecular chlorine and water are most likely in the temperature range 1073 – 1373 K. For these reactions, the value of the equilibrium constant is higher than one (table). The interaction of sodium chloride with water is most likely to occur by reaction 1. The probability of passing reactions 2 – 5 is low due to the very low value of the equilibrium constant. In the presence of sodium ions, the formation of hydroxide and hydrogen by reaction 6 is more likely.

Thus, thermodynamic calculations show that the presence of salts of alkaline and alkaline earth metals in the ash of "salt" coals and melt can lead to an increased hydrogen content in the gas products of the reaction and the formation of oxides and hydroxides in the melt.

Literature

1. Pechuro N. S. O.YU. Pesin. *Tekhnologiya organicheskikh veshchestv*. T. 9. *Piroliz uglevodorodnogo syr'ya v rasplavlennykh sredakh*. – M. : Khimiya, 1984. – 145 s.
2. Mireyev V. A. *Neorganicheskiye solevyye rasplavy v tekhnologii sinteza organicheskikh veshchestv* [Elektron. resurs] / V. A. Mireyev, V. V. Safonov // *Rasplavy*. – Rezhim dostupa: <http://www.chemmarket.info> 2002.
3. *Kratkaya khimicheskaya entsiklopediya* [v 5-ti tomakh]. – T. 1. – M. : Sovetskaya entsiklopediya, 1961. – S. 609.
4. *Gazifikatsiya solenykh ugley v rasplave. Kinetika i tekhnologiya* / Ye. I. Zubtsov, M. A. Glikin, I. M. Glikina, V. YU. Tarasov // *Khimichna promislovist' Ukraїni*. – 2008. – № 3. – С. 24 – 32.

ІОНООБМІННЕ ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД

Поварова Ю.Р., Трус І.М., к.т.н

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

В кінці ХХ століття розпочалася деградація навколишнього середовища внаслідок впливу антропогенної діяльності. Змін зазнав кожен компонент біосфери: атмосфера, літосфера, гідросфера. Стрімкий розвиток і вдосконалення різноманітних сфер людської діяльності посилює негативний вплив на навколишнє середовище через збільшення потреб в природних ресурсах.

Кожна сфера промисловості не може повноцінно працювати без води. Найбільш водоемними сферами є: гірничо-добувна, целюлозно-паперова та сільське господарство. При виробництві продукції утворюється значна кількість стічних вод. Такі води при скиді у водойми підвищують їх мінералізацію спричиняють обміління та цвітіння водних об'єктів [1]. Стічні води характерні високим рівнем жорсткості, а також підвищеною концентрацією хлоридів, сульфатів та нітратів. Тому постає питання в розробці методів очищення стічних вод, які передбачають переробку концентрованих сольових розчинів з отриманням корисних продуктів. Оскільки в шахтних водах містяться хлориди, сульфати і нітрати, то потрібно попередньо розділити ці іони.

Для видалення з води сульфатів використовують реагентний метод [2, 3]. Розділення сульфатів та хлоридів ефективно відбувається на високоосновному аніоніті АВ-17-8 в Cl^- формі [4]. Розглянемо процес очищення води від хлоридів та нітратів шляхом їх розділення на високоосновному аніоніті АВ-17-8. При розділенні даних аніонів використовували аніоніт в Cl^- формі [5]. В даному випадку важливим є показник обмінної ємності іоніту по нітратам до проскоку, його обирають виходячи з допустимої концентрації нітратів у питній воді – 40 мг/дм^3 . Ефективність розділення на високоосновному аніоніті АВ-17-8 в Cl^- формі залежить від початкової концентрації

даних іонів. В процесі сорбції ефективність розділення зменшується при підвищенні концентрації, як хлоридів так і нітратів.

При концентрації нітратів 500 мг/дм^3 ПОДЕ по NO_3^- знижується з 1703 до 735 мг-екв/дм^3 , ОДЕ з 1008 до 403 мг-екв/дм^3 при підвищенні вмісту хлоридів з 0 до 1000 мг/дм^3 . При концентрації нітратів 1000 мг/дм^3 ПОДЕ при зміні вмісту хлоридів в тому ж діапазоні знижується з 1700 до 1152 мг-екв/дм^3 , ОДЕ з 1129 до 480 мг-екв/дм^3 ; а при 1500 мг/дм^3 – ПОДЕ знижується з 1680 до 1408 мг-екв/дм^3 , а ОДЕ з 720 до 345 мг-екв/дм^3 .

В даній роботі були розглянуті процеси іонообмінного розділення сульфатів, хлоридів та нітратів на аніоніті АВ-17-8 та було встановлено, що при концентраціях аніонів до 1000 мг/дм^3 їх іонообмінне розділення відбувається досить ефективно.

Література

1. Агапов А.Е. Шахтные и карьерные воды угольной промышленности / А.Е. Агапов, А.М. Навитный, Ю.В. Каплунов, А.А. Харионовский // Справочный обзор. М.: Центральный издательский дом. – 2007. – 357 С.
2. Gomelya, N.D., Trus, I.N., Nosacheva, Y.V. Water purification of sulfates by liming when adding reagents containing aluminum // Journal of Water Chemistry and Technology Volume 36, Issue 2, 2014, Pages 70-74.
3. Gomelya M.D. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // M.D. Gomelya, I.M. Trus, T.O. Shabliy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – 8 (2). – P. 197-203.
4. Трус И.Н. Малоотходные процессы очистки сточных вод от сульфатов и хлоридов / И.Н. Трус, В.Н. Грабитченко, Н.Д. Гомеля // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2014. - № 4. – С. 42-48.
5. Гомеля М.Д. Оцінка впливу хлоридів на іонообмінне очищення води від нітратів / М.Д. Гомеля, В.М. Грабітченко, І.М. Трус // Экология и промышленность. – 2015. – № 1 (45). – С. 61–65.

ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ЛІКВІДОВАНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Кісіль К. В. ст. гр. ПЕО-18дм

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

На сьогоднішній день, коли ми живемо в постіндустріальний період, в Україні гостро постає питання закриття та ліквідації найбільших промислових підприємств.

З ліквідацією хоч одного великого промислового підприємства людство зіштовхується з рядом проблем: політичними, економічними, соціальними, демографічними, та, особливо, екологічними. При своєму функціонуванні промислові гіганти наносять значної шкоди навколишньому середовищу шляхом викидів та скидів забруднюючих речовин. Але навіть після їх «смерті» екологічна загроза не зникає.

Об'єктом мого дослідження стали відстійник та шламонакопичувач вже нині ліквідованого підприємства «Лиссода» в місті Лисичанськ.

Мета роботи – аналіз основних підходів до розв'язання проблеми з утилізації шламу содового заводу «Лиссода» з подальшим використанням даних існуючих промислових відходів як вторинної сировини у промисловості, що надасть змогу забезпечити вирішення цього гострого питання.

При виробництві соди, переважно в більшості випадків методом Сольве, при якому вихідною сировиною є хлористий натрій, використовують аміак, кухонну сіль, вапняне молоко. В процесі виробництва даного продукту повітря забруднюється оксидами вуглецю і аміаком. Сірчистий мазут, що використовують в якості палива енергетичні установки, виділяють в атмосферу велику кількість сірчистого газу, а вапняно-випалювальні печі служать джерелом забруднення навколишнього середовища оксидами

кальцію і вуглецю. Останній етап виробництва пов'язаний з викиданням в атмосферу пилу кальцинованої соди.

Тверді відходи содового виробництва складаються із шламу, розсолу, шламу дистиляції, відходів гасіння вапна і вапняного пилу, відходів виробництва вапна і гідратованого вапна. Розсол, у свою чергу, містить у собі солі NaCl, CaCO₃, MgCO₃. При виробництві на содових заводах утворюється дистелярна рідина, що містить сухий залишок. Відходи (при зберіганні вони зневоднюються) складаються в спеціальних шламонакопичувачах (білих морях), що займають великі площі [1].

Таким чином, земля вилучається з сільськогосподарського користування, а легкорозчинні сполуки з відходів содових заводів значно забруднюють підземні і поверхневі води, збільшують мінералізацію ґрунтів в довколишніх районах, що дає негативний екологічний ефект, негативно позначається на здоров'ї та якості життя населення.

Практика довела ефективність утилізації дистилярних шламів содових виробництв при використанні їх в якості сировини для виготовлення безцементних в'язучих матеріалів. В твердому залишку дистилярної рідини можна виявити оксиди – частини з'єднання силікатних систем. Володіння ними в'язучими властивостями дає можливість отримувати в'язучі матеріали на основі даних відходів виробництва соди.

Одним із способів зменшення впливу содових виробництв на середу є вторинне використання промислових відходів содового виробництва. Існує ряд технологій отримання в'язучих матеріалів з дистилярних шламів содових виробництв. За однією з них, більш простий, дистилярний шлам 25 – 30% вологості екскаватором відбирають з шламонакопичувача, висушують і потім подрібнюють разом з кварцовим піском в кульовому млині. В короткому викладі технологічний процес являє наступні послідовності. Перед випалюванням дистилярний шлам для зниження вологості перемішують з висушеним шламом. На другому етапі масу гранулюють, опудрюють пилом з електрофільтрів установок пилоочистки і висушують при температурі 200 – 300°C теплом відхідних газів випалювальних печей. Висушену сировину (гранули) 20 хвилин обпалюють при 800 – 900°C, потім охолоджують і, перемішуючи з піском і гіпсом, подрібнюють, в результаті отримуючи готовий продукт. Перспективний напрямок утилізації дистилярних шламів содового виробництва – їх використання для заміни цементу при виробництві тампонажних матеріалів, для виробництва асфальтобетону [2].

Застосування мінералізованих стоків содового виробництва в якості розчинника на практиці підземного вилуговування до теперішнього часу на території України не мало місця. Велика увага використанню стічних вод приділяється в зарубіжній практиці, однак, ці роботи відповідають умовам поховання стоків, а не їх використання в якості розчинників для отримання кондиційних розсолів.

На содових заводах України є три категорії промислових стічних вод:

Високомінералізовані промстоки—дистилярна рідина;

Слабомінералізовані стічні води, що не мають економічно виправданих методів очищення;

Стічні води після охолодження теплообмінної апаратури, які доцільно використовувати повторно в системах зворотного водопостачання.

В даний час питання ліквідації промстоків першої категорії - дистилярної рідини - має позитивне рішення. Ця рідина може використовуватися для заводнення нафтових родовищ, або перероблятися для отримання товарної продукції (меліорантів, безцементного в'язучого і т. д.).

На Лисичанському содовому заводі є 2 види стічних вод, які передбачалося використовувати для закачування в розсольні свердловини: продувні води оборотних систем водопостачання заводу в кількості 500 м³/годину та промислові води після

відмивання Cl^- у шламі содового виробництва. Перші відрізняються від складу річкової води р. Сіверський Дінець тільки підвищеною мінералізацією (приблизно в 2-3 рази). Використання цих вод для підземного вилуговування кам'яної солі з метою отримання розсолу заперечень мати не може, так як вони не містять домішок, які вплинули б на якість одержуваного розсолу [3].

Висновки:

- в умовах виснаження світових сировинних ресурсів українерационально, як з економічної, так і з екологічної точки зору, ховати під землею готову сировину, придатну до повторного використання. Головною проблемою використання цієї сировини стає вилучення із загальної маси, оскільки в суміші вона майже непридатна для переробки. Тому Україні слід враховувати зарубіжний досвід;

- треба створити та розвивати власну систему поводження з промисловими відходами, до якої залучити державні та комунальні служби, до відома яких належать питання утилізації відходів, та чітко розмежувати відповідальність.

Література:

1. В. Д. Семенюк, В. Е. Терновцев - Комплексное использование воды в промышленном узле. Изд. «Будівельник», Киев, 1974.
2. Cannon Daniel – Повторное использование воды в промышленности США. «Water and Sewage works», 1964, 111, №5, 250 – 254.
3. М. И. Куцина. Исследование по подготовке дистилерной жидкости содового производства для транспортирования и заводнения нефтяных пластов. Кандидатская диссертация, Харьков, 1973.
4. <http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI>

КАТАЛІТИЧНА ОЧИСТКА ВИКИДНИХ ГАЗІВ АЗОТНОКИСЛОТНИХ УСТАНОВОК ВІД N_2O

Масалітіна Н.Ю., к.т.н., Близнюк О.М., д.т.н., професор,

Савенков А.С., д.т.н., професор, Огурцов О.М., д.ф.-м.н., професор

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Щорічно в результаті діяльності людини в повітря викидається близько 60 млн. т NO_x , в тому числі N_2O (в 310 раз більш потужного парникового газу, порівняно із CO_2). До основних антропогенних джерел NO_x відносяться транспорт, теплові електростанції, хімічні підприємства (виробництво нітратної кислоти, вибухових речовин та добрив), сільське господарство. Потужні азотно-кислотні установки в світі викидають близько 400 тис. т N_2O на рік. Установки, що працюють при підвищеному тиску на стадії окиснення амоніаку із застосуванням сіток із металів платинової групи (МПГ) як каталізатора, викидають від 2,8 до 3,8 кг N_2O на тону 100% HNO_3 [1–2]. Це зумовлює необхідність дослідження та розробки можливих шляхів скорочення утворення N_2O по всій технологічній лінії виробництва нітратної кислоти.

Були проведені дослідження можливості зменшення кількості утворення N_2O безпосередньо в реакторі окиснення амоніаку, які показали, що на запропонованому двоступеневому каталізаторі (з отриманим модифікованим золь-гель методом синтезу оксидним церій-кобальт-залізним каталізатором, що розміщується після сіток МПГ) ступінь перетворення до NO складає 97,5%, при цьому втрати у вигляді N_2O значно менше, порівняно із другими каталізаторами ($\alpha_{\text{N}_2\text{O}} = 0,15\%$). Тобто додавання церію оксиду до складу каталізатора сприяє підвищенню термостійкості та гідротермальної стабільності каталізатора та, як наслідок, підвищенню ступеню окиснення амоніаку до NO та, відповідно, пригамуванню реакції утворення N_2O [3]. Експериментально встановлена негативна роль Pd в сплаві Pt/Rh/Pd, при збільшенні вмісту якого в сплаві

зростає ступінь окиснення амоніаку до N_2O [3]. Для підтримування високого виходу NO при проведенні процесу під тиском та забезпечення мінімальних втрат NH_3 у вигляді N_2O необхідні оптимальні лінійні швидкості газового потоку та оптимальні навантаження по NH_3 на каталізатор, підвищенні температури каталізу та оптимальний час контакту, що дозволить зменшити викиди з 3–4 кг N_2O /т до 0,56–0,68 кг N_2O /т HNO_3 [3–6].

Проте для подальшого зменшення N_2O у викидних газах актуальною задачею є розробка та дослідження нового покоління каталізаторів селективного каталітичного відновлення N_2O . При цьому принципове значення має не тільки підвищення ефективності видалення N_2O в низькотемпературній області, а й підвищення селективності дії каталітичних систем в умовах підвищеної концентрації кисню. Основні вимоги до каталізаторів: висока активність та селективність в реакції відновлення NO_x та N_2O при можливо низьких температурах; повільна дезактивація, корозійна стійкість, механічна міцність та стійкість до температурних коливань, низький гідравлічний опір. Вперше проведено систематичне дослідження реакції селективного каталітичного відновлення NO_x амоніаком на композитних каталізаторах, що містять купруму, церію та кобальту оксиди. Встановлено, що висока каталітична активність таких каталізаторів обумовлена ефектом синергізму, що виникає між їх компонентами. Результати проведених досліджень дозволили запропонувати методи підвищення активності та селективності композитних систем. Для дослідження маршруту перебігу реакції NH_3 -СКВ на композитних каталізаторах була розроблена нова методика, що базується на створенні модельної системи, компоненти якої не мають індивідуальної активності в досліджуваному процесі. Такий підхід дозволив виявити виникнення синергетичної взаємодії між компонентами та детально дослідити його природу. Структура, склад та властивості каталізаторів були досліджені із використанням комплексу фізико-хімічних методів аналізу: температурно-програмованого відновлення воднем (H_2 -ТПВ), температурно-програмованої десорбції амоніаку (NH_3 -ТПД), атомно-абсорбційної спектроскопії (ААС) та скануючої електронної мікроскопії (СЕМ). Для дослідження каталітичних властивостей індивідуальних компонентів та композитних каталізаторів на їх основі була використана установка, яка дозволяє проводити дослідження каталітичних характеристик в умовах, що відповідають роботі реального виробництва – при високих швидкостях потоку та різноманітному складі газової суміші.

Розроблений каталізатор показав високий ступінь очистки від N_2O при відновленні NO_x амоніаком, на рівні 95,0–95,5%. На запропонованому каталізаторі залишковий вміст N_2O менше, у порівнянні із промисловими каталізаторами при всіх досліджених технологічних параметрах. Результати дослідження утворення N_2O в реакторі селективної очистки від температури за різних співвідношень $NH_3 : NO$ показали, що залишковий вміст N_2O в суміші зростає повільно до $\sim 350^\circ C$, та починає різко зростати при всіх досліджених співвідношеннях при підвищенні температури більше $350^\circ C$. Підвищення концентрації кисню в реакційній суміші від 0,1 до 3,0% збільшує ступінь відновлення NO , при цьому концентрація N_2O зменшується; зростання співвідношення $NH_3 : NO$ від 0,8 до 2,0 приводить до підвищення максимального ступеню відновлення NO , проте супроводжується зростанням концентрації N_2O , незалежно від концентрації O_2 в реакційній суміші; підвищення швидкості від 7 000 год⁻¹ до 64 000 год⁻¹ знижує максимальну ступінь відновлення від 97% до 60%, проте знижує концентрацію N_2O на виході незалежно від концентрації O_2 в реакційній суміші.

На основі проведених досліджень запропоновані умови процесу відновлення N_2O амоніаком: $T = 230\text{--}270^\circ C$, об'ємна швидкість 10 000 год⁻¹, перевищення стехіометричного співвідношення по реакції $3N_2O + 2NH_3 \rightarrow 4N_2 + 3H_2O + 1605,3 \text{ кДж}$ не більше, чим на 15–20%. Застосування розроблених каталізаторів при запропонованих технологічних умовах дозволить знизити кількість N_2O у викидних газах до 100 ppm.

Література

1. Близнюк О.М., Савенков А.С., Яковишин В.О., Масалітіна Н.Ю., Огурцов О.М. Утворення N_2O в технології нітратної кислоти. *Хімічна промисловість України*. 2010. № 3(98). С. 3–7.
2. Близнюк О.М., Савенков А.С., Огурцов О.М. Особливості структури Co-Zr-Cr-Li-O каталізатору і його каталітичні властивості в реакції окиснення аміаку до нітроген (II) оксиду. *Вопросы химии и химической технологии*. 2011. №1. С. 115–118.
3. Близнюк О.М., Савенков А.С., Яковишин В.О., Масалітіна Н.Ю., Огурцов О.М. Зниження виходу нітроген(I) оксиду при високотемпературному окисненні аміаку. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2010. № 13. С. 8–12.
4. Savenkov A.S., Bliznyuk O.N., Kuznetsov P.V., Vyatkin Yu.L., Masalitina N.Yu. Modeling of ammonia oxidation on a platinoid catalyst, taking into account the N_2O formation. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2015. V. 8. № 10. P. 1563–1569.
5. Близнюк О.М., Савенков А.С., Огурцов О.М. Дослідження кінетичних закономірностей низькотемпературного окиснення аміаку до N_2O на Mn-Ni-Bi-Li-O каталізаторі. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2011. № 1. С. 18–22.
6. Масалітіна Н.Ю., Савенков А.С., Близнюк О.М., Огурцов О.М. Нітроген(I) оксид. Дослідження процесу одержання шляхом низькотемпературного окиснення аміаку. *Хімічна промисловість України*. 2014. № 5(124). С. 54–58.

**ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ АТМОСФЕРЫ ВОКРУГ
ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ Г. МАРИУПОЛЯ**

Ф.И. Лухтура, ст.препод.,

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Восточная Украина это индустриальное сердце Украины. В Донецкой, Луганской, Запорожской и Днепропетровской областях формируется более 30% общего ВВП Украины. На промышленных предприятиях региона зачастую еще используются устаревшие технологии, вследствие чего загрязнение воздуха и эмиссия парниковых газов здесь значительно превышает средние европейские показатели. Особенно сильное загрязнение воздуха наблюдается в городе Мариуполе (Донецкая область), где проживает до 0,5 млн. человек и находится крупнейший промышленный потенциал региона. Кроме того, загрязнение воздуха в Мариуполе является существенным недостатком для экономической площадки города, осложняющим поиск новых инвесторов и попытки удержать в городе квалифицированную рабочую силу. Население города ощущает также недостаток кислорода, вызванный экологическими факторами и в первую очередь повышенным содержанием в городском воздухе угарного газа и взвешенных частиц (аэрозолей), мешающих правильному усвоению кислорода человеческим организмом. Содержание в окружающем воздухе кислорода, необходимого для дыхания, является ключевым фактором, определяющим самочувствие человека. Недостаток кислорода в воздухе вызывает у человека гипоксию – пониженное содержание кислорода в организме [1].

Цель работы – попытка аналитического определения распределения концентрации O_2 на металлургических предприятиях г. Мариуполя и в их окрестности ввиду больших его расходов на нужды металлургических комбинатов. В связи с этим ставится задача, на основе метода (теории) «обратной струи», расчета распределения концентраций кислорода в атмосфере вокруг промплощадки основных потребителей кислорода металлургических комбинатов (ТЭЦ-ПВС, ПЭВС) при его стоке из окружающего воздуха.

Оценим возможное уменьшение количества кислорода в связи со стоком его из окружающей атмосферы. Пусть происходит это через точечное «отверстие стока»

конечных размеров, заменяющее всасывающие линии компрессоров (турбокомпрессоров, электрокомпрессоров и др.) указанных потребителей, т.е. сосредоточенным оттоком массы кислорода из неподвижной окружающей воздушной атмосферы в приземном слое (в безветренную погоду). Предполагаем, что весь азот этого воздуха возвращается в атмосферу. Тогда можно считать, что происходит лишь сток кислорода из приземного слоя атмосферы. Применим метод «обратной струи» в квазиодномерной постановке для определения распределения изменения концентрации O_2 в приземном слое атмосферы. Воспользуемся законом сохранения массы газа в единицу времени, допуская, что изотакси (линии постоянной скорости) и изолинии концентрации в «обратной струе» имеют вид полуокружностей, центром которых является центр тяжести отверстия, живое сечение струи – боковая поверхность полушара $F = 4\pi R^2$. В этом случае это уравнение, принимая равномерное распределение скорости по живому сечению, являющемуся поверхностью полушара, приобретает вид:

$$\rho u \Delta C \cdot 4\pi R^2 = \rho_{отв} \cdot u_{отв} \Delta C_{отв} \cdot 4\pi R_{отв}^2,$$

где ρ – плотность газа; u – скорость газа. Индекс «отв» отражает параметры в отверстии. Принимая толщины динамического и диффузионного слоев одинаковыми, т.е. числа Прандтля и Шмидта равными ($Pr = Sc$), и сточный поток сжимаемым ($\rho \neq const$), получим, что избыточная концентрация кислорода в такой «струе» составит

$$\Delta C = \Delta C_{отв} \cdot \frac{R_{отв}}{R} \sqrt{\frac{\rho_{отв}}{\rho_\infty}} = \frac{\Delta C_{отв}}{\bar{R}} \sqrt{\frac{\rho_{отв}}{\rho_\infty}}, \quad (1)$$

где $\Delta C_{отв} = C_{отв} - C_{атм}$ – избыточная концентрация кислорода в живом сечении отверстия стока; $\Delta C = C - C_{атм}$ – избыточная концентрация кислорода в живом сечении сточной струи; $C_{атм}$ – концентрация кислорода в атмосфере в дальнем поле струи; $R_{отв}$ – радиус «отверстия»; \bar{R} – радиус сточного потока в калибрах отверстия. При этом в связи с совпадением толщин динамического и диффузионного слоев $u/u_{отв} = \Delta C/\Delta C_{отв}$.

Таким образом, в такой постановке избыточная концентрация кислорода в подсосываемом в «отверстие» потоке уменьшается с ростом расстояния от стока кислорода.

Парциальная плотность кислорода в приземной атмосфере определяется уравнением состояния для сухой части воздуха с учетом соотношения (1):

$$\rho_n = C_{O_2} (P - e)/RT = C_{O_2 атм} \cdot \left(1 - \frac{1}{\bar{R}} \sqrt{\frac{\rho_{отв}}{\rho_\infty}}\right) (P - e)/RT, \quad (2)$$

где ρ_n – парциальная плотность кислорода; C_{O_2} – объемное содержание кислорода в приземном воздухе; P , T и e – соответственно давление, температура и упругость водяного пара в приземном воздухе; R – газовая постоянная. На рис.1 приведены некоторые результаты расчета по (2) распределения концентрации кислорода вокруг цехов предприятий г. Мариуполя, где наблюдается сток кислорода (ТЭЦ-ПВС, ПЭВС, компрессорные станции и др.). При этом диаметр «отверстия стока кислорода» принят на основании реальных расходов кислорода и воздуха при известных допустимых скоростях движения газов во всасывающей линии компрессоров. Концентрация кислорода ниже нормы (15÷17% по объему) наблюдаются на расстоянии от места стока в 100-200 м, что подтверждается замерами. Таким образом, представленный подход достаточно точно оценивает распределение O_2 в окружающей среде вокруг мест его стока без использования средств измерения концентрации.



Рисунок 2 - Концентрація кислорода вокруг мест расположения его стоков ТЭЦ-ПВС комбината им. Ильича и ПЭВС к-та Азовсталь (○) на карте г. Мариуполя.

Литература

1. Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника / Под ред. Ю.Л. Шевченко. - СПб.: Элби-СПБ, 2000. - 384 с.

О СТЕПЕНИ УСВОЕНИЯ КИСЛОРОДА КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННОЙ ПРИ ВЕРХНЕЙ ПРОДУВКЕ РАСПЛАВА

Лухтура Ф.И., ст.препод.,

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

В настоящее время, к сожалению, в отечественной литературе общепринято [1,2], что степень усвоения кислорода дутья при верхней продувке зависит, образно говоря, от длины пути перемешивания потока кислорода с металлом, т.е. в первую очередь от глубины внедрения потока в ванну. И совершенно игнорируется другой гидрогазодинамический аспект взаимодействия.

Цель работы – рассмотрение данного вопроса с точки зрения гидрогазодинамического аспекта взаимодействия. Ставятся задачи: анализ взаимодействия кислородной струи при верхней продувке с металлической ванной и аналитическое определение количества окислителя, направляющегося в ванну и отраженного.

С точки зрения гидрогазодинамики взаимодействия потока окислителя с встречными потоками конвертерных газов, жидким шлаком и металлом (ШГМЭ), физически невозможен перенос всей массы истекающего кислорода к поверхности металла (полное проникновение) по причине того, что из-за неравномерного распределения скорости (и полного давления) в поперечном сечении струи, периферийные струйки имеют скорость меньшую, чем скорость встречного потока (или полное давление меньше, чем гидростатическое давление в расплаве). (близкую к относительному нулю, центральные – максимальные по величине, соответствующие скорости на оси струи). Поэтому достигают ванны более «энергетичные» внутренние слои потока окислителя. Менее энергетичные струйки кислорода и попадают во встречные потоки ШГМЭ и взаимодействуют с ней.

Анализ взаимодействия газа с жидкостью позволил установить, кроме двух режимов движения газа в жидкости (ламинарного и турбулентного), в зависимости от угла наклона оси сопел в наконечнике к оси фурмы при верхнем вдуве кислорода, два различных условия течения газожидкостной струи при глубоком ее проникновении в расплав. При малых углах наклона – изобарическое («пробойное»), при больших – неизобарическое

(«беспробойное»). В первом случае давление в струе равно давлению в газовой атмосфере над жидкостью, в связи с передачей возмущений из окружающей атмосферы в струю, во втором случае давление в струе распределяется по гидростатическому закону и отлично от атмосферного. В соответствии с этим в первом случае границей (прямой) струи служит поверхность, форма которой определяется из условия равенства между полным избыточным давлением в газовой фазе и гидростатическим давлением в жидкости в каждой точке этой поверхности. При этом при верхней продувке жидкой ванны при отсутствии «окутывания, обволакивания» встречными отраженными потоками ШГМЭ «падающей» струи окислителя, что наблюдается при больших углах наклона оси сопел к оси фурмы, из-за нарастания гидростатического давления в жидкости граница прямой струи может должна определяться согласно условию

$$w_{zp} = \sqrt{\frac{2(\rho_{жс} - \rho_{гх})gh_x}{\rho_{гх}}}, \quad h_x = x - H_\phi$$

При малых углах наклона оси сопел $\alpha_{накл}$ и окутывании потока окислителя отраженными потоками ШГМЭ

$$w_{zp} = w_{гх} \cong \frac{w_{ex}}{c \cdot \bar{x}_{pac}} \sqrt{\frac{\rho_{ex}}{\rho_{гх}}} = \frac{w_{ex}}{c \cdot (\bar{H}_\phi + 2\bar{H}_{загл}^{pac})} \sqrt{\frac{\rho_{ex}}{\rho_{гх}}}$$

где $\rho_{ж}$, $\rho_{гх}$, ρ_{ex} – соответственно плотность жидкости и газа в рассматриваемой точке (сечении), и газа в изобарическом сечении; w_{ex} – скорость потока окислителя в изобарическом сечении; c – постоянная перемешивания газовой струи; \bar{H}_ϕ – относительная высота расположения фурмы над металлическим расплавом; $\bar{H}_{загл}^{pac}$ – относительное заглубление струи окислителя в расплав. Следует отметить, что граничная скорость изменяется в широком диапазоне: от скорости конвертерных газов в полости конвертера (5-15 м/с) до скорости, соответствующей гидростатическому давлению, создаваемому слоем шлака (150-350 м/с). При этом концентрация жидкой фазы будет определяться соответствующим переносом массы жидкости согласно критической скорости «витания» капель. С некоторым приближением эту скорость можно представить как

$$w_{zp} = w_n = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{\rho - \rho_{гх}}{\rho_{гх}} \frac{g_0 d_k}{c_x}}, \quad d_k = f(g, \psi),$$

$$c_x = \frac{13}{\sqrt{Re}} = \frac{13}{\sqrt{\frac{w_{гх} - w_{жс}}{v_{гх}} d_k}}, \quad (10 < Re \leq 2 \cdot 10^3); \quad c_x \cong 0,4, \quad (2 \cdot 10^3 < Re < 2 \cdot 10^5); \quad c_x \cong 0,2, \quad ($$

$Re > 2 \cdot 10^5$)

При таких значениях граничной скорости коэффициент использования первичного дутья составляет $\eta_{исп} = 0,95 \div 0,65$. В значительной мере, как показал анализ расчетных данных, на величину присоединенной к струе окислителя жидкой массы (концентрацию жидкой фазы) влияет также слой шлака по причине частичного отражения окислительной струи в этом слое и высота расположения фурмы (при всех остальных неизменных параметрах дутья).

Количество окислителя, направляющегося в металлическую ванну и первично ею используемого, согласно автоточности профиля скорости в поперечных сечениях струи окислителя

$$\bar{m}'_{ex} \equiv \frac{m'_{ex}}{m_{ex}} = \frac{D - B}{A - B};$$

Количество отраженного дутья (без учета отраженного дутья в поверхностных слоях металла)

$$\bar{m}_{ex}'' \equiv \frac{m_{ex}''}{m_{ex}} = \frac{A - D}{A - B}$$

где $1/A$, $1/B$, $1/D$ – относительные средние скорости (средняя скорость, отнесенная к максимальной) соответственно на толщине прямой, отраженной и всей струи.

$$\frac{1}{A} \equiv \bar{w}_{zx} + \frac{\bar{w}_{zx}^{\max} - \bar{w}_{zx}}{2} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\bar{w}_{zx}}{2} \right); \quad \frac{1}{B} \equiv \frac{\bar{w}_{zx}}{2}; \quad \frac{1}{D} \equiv \frac{\bar{w}_{zx}^{\max}}{2} = \frac{1}{2}.$$

Скорость на границе дутьевого потока, направляющегося в металлическую ванну $w_{zx} = w_{zp}$. Часть отраженного дутья (с каплями металла и шлака) взаимодействует с первично неиспользуемым кислородом в слое шлака и дополнительно окисляется, образуя CO_2 и окислы железа. На степень усвоения кислорода конвертерной ванной влияет также скорость обезуглероживания. При максимальной скорости обезуглероживания степень усвоения кислорода максимальна. Таким образом, решена задача аналитического определения количества окислителя, направляющегося в ванну и отраженного.

Литература

1. В.И. Баптизманский, М.Я. Меджибожский, В.Б. Охотский. Конвертерные процессы производства стали. Теория, технология, конструкция агрегатов. – Киев; Донецк: Вища школа, 1984. – 343 с.
2. Б.М. Бойченко, В.Б. Охотський, П.С. Харлашин. Конвертерне виробництво сталі. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. – 454 с.

О ПРОИЗВОДСТВЕ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ВЕРХНЕЙ ПРОДУВКЕ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ

Лухтура Ф.И., ст.препод.,

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

В [1] количество производимых окислов FeO , CO и др. в основном относят к параметрам макрокинетики плавки. В то же время эти показатели неразрывно связаны с процессом струйного рафинирования (обезуглероживания), т.к. являются следствием процесса горения (окисления) компонентов металлического расплава в потоке подаваемого окислителя. Кроме того, как известно, снижение окисленности шлака происходит при опускании фурмы для продувки ванны ближе к поверхности ванны, и возрастании интенсивности дутья. При влиянии последнего фактора наблюдается при некоторых условиях рост окисленности. Связывают это явление с «накопительным эффектом» [1].

Цель и задачи исследований – разработка аналитической модели образования окислов железа при взаимодействии сверхзвукового потока окислителя с $Fe-C$ расплавом в рамках одномерной постановки, и анализ и сравнение полученных результатов с известными.

В рамках уточненной модели взаимодействия сверхзвуковых нисходящих дутьевых струй с ванной кислородного конвертера (см. предыдущий доклад) установлено, что концентрация окислов в отраженном потоке (например, при производстве окислов железа

FeO в шлак - $\left[\frac{\% FeO}{100} \right]$) определяется гидрогазодинамикой горения (окисления)

составляющих расплава в потоке кислорода и составляет на единицу массы отраженного дутья, если в качестве окислителя используется чистый кислород:

$$\text{при } C_{Fe} \geq \frac{C_{O_2}^C}{k_{cmex}} = 3,5C_{O_2}^C,$$

$$\left[\frac{\% FeO}{100} \right] = 4,5 \left(\frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} - \frac{4}{3} \left(1 - \frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} \right) \left[\frac{\% C_{pac}}{100} \right] \right) \approx 4,5 \left(\frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} - \frac{4}{3} \left[\frac{\% C_{pac}}{100} \right] \right); \quad (1)$$

$$\text{при } C_{Fe} \leq \frac{C_{O_2}^C}{k_{cmex}} = 3,5C_{O_2}^C:$$

$$\left[\frac{\% FeO}{100} \right] = \left(1 - \frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} \right) \cdot \left[\frac{\% Fe}{100} \right]_{pac} \left(1 + \frac{1}{k_{cmex}} \right) = 1,286 \left(1 - \frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} \right) \cdot \left[\frac{\% Fe}{100} \right]_{pac}, \quad (2)$$

где \bar{m}_{ex}''/g_{pac}'' - отношение относительной массы окислителя к относительной присоединенной массе расплава в отраженном потоке в рамках одномерной постановки можно представить в виде

$$\frac{g_{pac}''}{\bar{m}_{ex}''} = \left(\frac{w_{ex}^{Me}}{w_{zx}} - 1 \right) \sqrt{\frac{\rho_{pac}}{\rho_{zx}''}} = \left(\frac{w_{ex} \cdot \sqrt{(\rho_{ex}/\rho_{ex}^{Me})}}{c \cdot \bar{H}_\phi \cdot w_{zx}} - 1 \right) \sqrt{\frac{\rho_{pac}}{\rho_{zx}''}} = \left(\frac{4 \cdot I_{ex} \cdot \sqrt{(\rho_{ex}/\rho_{ex}^{Me})}}{c \cdot H_\phi \cdot w_{gx} \pi d_{ex}} - 1 \right) \sqrt{\frac{\rho_{pac}}{\rho_{gx}''}}, \quad (3)$$

$$w_{zx} \cong \sqrt{\frac{2P_{изб}}{\rho_{zx}}} = \sqrt{\frac{2(\rho_{шл} g h_{шл} + \rho_{pac} g H_{загл}^{pac})}{\rho_{zx}}} = \sqrt{2\rho_{шл} g h_{шл} \left(1 + \frac{\rho_{pac} H_{загл}^{pac}}{\rho_{шл} h_{шл}} \right) / \rho_{zx}}.$$

где $\left[\frac{\% C_{pac}}{100} \right]$ - концентрация углерода в расплаве; w_{ex}^{Me} - скорость потока окислителя

в плоскости поверхности металлической ванны; k_{cmex} - стехиометрический коэффициент реакции; w_{ex} - скорость газа в изобарическом сечении струи [2,3]; I_{ex} - интенсивность дутья, м³/с; c - постоянная смещения струи [4]; \bar{H}_ϕ - относительная высота расположения фурмы; ρ_{pac} , ρ_{zx}'' - соответственно плотность расплава и газа на дне кратера взаимодействия потока окислителя с расплавом; $\rho_{шл}$ и $h_{шл}$ - соответственно плотность и высота слоя шлака над металлическим расплавом; $H_{загл}^{pac}$ - глубина осевого заглубления сверхзвуковой струи окислителя в расплав.

Если в качестве окислителя используется кислород в смеси с инертными газами, то производство окислов уменьшается. Из выражений (1) и (2) с учетом (3) видно, что на образование окислов влияет скорость газа на поверхности расплава w_{ex}^{Me} , относительная высота расположения фурмы \bar{H}_ϕ , глубина проникания кислородной струи в расплав $H_{загл}^{pac}$ и постоянная смещения сверхзвуковой струи, зависящая как от начальных условий истечения (полное давление, скорость, угол раствора сопла, температура и др.), так и параметров внешней среды (температура, состав газов в конвертере, плотность расплава и шлака и др.).

На фоне более низкого коэффициента первичного использования кислорода ванной производство окислов в шлак увеличивается при использовании сопел с увеличенным углом раствора сопла.

Из анализа соотношений (1) и (2) вытекает, что при условии $\frac{\bar{m}_{ex}''}{g_{pac}''} \leq \frac{4}{3} \left[\frac{\% C_{pac}}{100} \right]$

образование FeO отсутствует. С ростом интенсивности дутья при переходе на недорасширенный режим дутья возможно, в соответствии с (3), увеличение выхода FeO, что противоречит мнению о существовании «накопительного эффекта».

Массовое производство окислов железа в единицу времени и расходная концентрация FeO в шлаке составляют соответственно

$$m_{FeO}^{шлак} = m_{ex}'' \left[\frac{\% FeO}{100} \right] = m_{ex} \frac{D-B}{A-B} \cdot \frac{A-D}{A-B} \cdot \left[\frac{\% FeO}{100} \right];$$

$$\left[\frac{\% FeO}{100} \right]_{шлак} = \frac{m_{FeO}^{шлак}}{m_{FeO}^{шлак} + m_{окисл-FeO}^{шлак}} 100\% .$$

Здесь обозначения параметров те же, что в докладе «О степени усвоения кислорода конвертерной ванной при верхней продувке расплава».

Таким образом, данная аналитическая модель для определения интенсивности производства окислов в шлак адекватно описывает существующие экспериментальные данные.

Литература

1. В.И. Баптизманский, М.Я. Меджибожский, В.Б. Охотский. Конвертерные процессы производства стали. Теория, технология, конструкция агрегатов. – Киев; Донецк: Вища школа, 1984. – 343 с.
2. Лухтура Ф. И. Одномерная теория сверхзвуковых нерасчетных струй газа / Ф. И. Лухтура // Известия РАН. Механика жидкости и газа. - 1993. - № 1. - С. 48 - 56.
4. Капустин Е. А. Одномерная теория струй газа / Е. А. Капустин, Ф. И. Лухтура // Вісник Приазовського державного технічного університету. - 2001 р. – Вип. № 11. – С. 243 - 249.

О ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

Лухтура Ф.И., ст.препод., Кукин И А., Сидоренко Н.С.ст. гр. ПТЭ-16у
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

В связи с ростом цен на электроэнергию и, как следствие, увеличением издержек насосных станций (НС), связанных с оплатой электроэнергии, вопрос эффективного и рационального использования энергетических ресурсов на НС становится весьма актуальным. В течение срока эксплуатации нагнетатель работает на расчетном режиме, соответствующим максимуму КПД, как правило, менее 50% времени, поэтому вопросы регулирования насоса и его экономичность также имеют большое значение. Основная задача регулирования нагнетателя – подача в сеть определенного расхода Q_n , м³/с, при этом основные параметры напор H , м, мощность N , Вт, КПД η изменяются. Универсальные способы регулирования (применяемые для всех типов нагнетательных машин) различны. Одно из существующих - перевод нагнетателя на режим холостого хода или временная остановка насоса, в т.ч. используя цикличное (импульсное) регулирование. Инженерная теория такого регулирования, представленная в [1] применительно к винтовым компрессорам, позволяет приближенно определить для каждого режима потребления продолжительность фаз холостого хода (или остановки) и нагнетания. Недостаток этой теории – полученное линейное изменение давления во времени продолжительности фаз холостого хода (или остановки) и нагнетания, что противоречит физическим основам этих процессов. К тому же при использовании импульсной подачи энергоносителя в СПР теоретическое обоснование его эффективности и глубокий анализ динамики импульсного регулирования в технической литературе,

криме попытки в [1], практически отсутствует. Для насосных установок с циклическим регулированием подачи жидкости такая теория не разработана.

Цель и задачи работы - разработка физической и математической модели рабочего процесса установок насосной станции с импульсным (циклическим) подводом рабочей среды к системе водоснабжения и ее анализ, обоснование эффективности и преимущества ее использования для повышения эффективности водоснабжения.

Справедливость предположения о преимуществе использования импульсного подключения насосов к системе водоснабжения можно доказать лишь на основе анализа уравнения динамики процесса нагнетания жидкости в систему и подачи к потребителю. Рассмотрим систему нагнетания (с баком-аккумулятором) объемом V и давлением $p_{нач}$ или напором $H_{нач}$, с суммарной площадью сечения потребления f (рис.1). Общую систему водоснабжения можно условно заменить эквивалентным объемом. Примем, что давление окружающей среды и коэффициенты расхода системы трубопроводов постоянны. Обозначим среднее избыточное давление нагнетания буквой p , напор H .

В общем случае, пренебрегая потерями давления от насоса до аккумулирующего устройства, это уравнение примет вид:

$$dP_1 = dP_2 + dP_3, \quad dP_1 = Ndt, \quad dP_2 = Vdp, \quad dP_3 = Q_{номп} \cdot pdt = \mu \cdot f \sqrt{2/\rho} p^{\frac{3}{2}} dt, \quad (1)$$

где dP_1 – энергия, подводимая к рабочему телу в нагнетателе (компрессоре или насосе), Дж; dP_2 – энергия, затраченная на изменение давления рабочего тела в системе аккумулирования, Дж; dP_3 – потребляемая энергия («потери» энергии при перемещении и отдаче конечному потребителю), Дж; N – подводимая мощность, Вт; dt - интервал времени, с; p - текущее давление нагнетания в системе, Н/м²; ρ – плотность рабочего тела (жидкости), кг/м³; μ – коэффициент расхода трубопроводов; f – площадь сечения канала потребления, м².

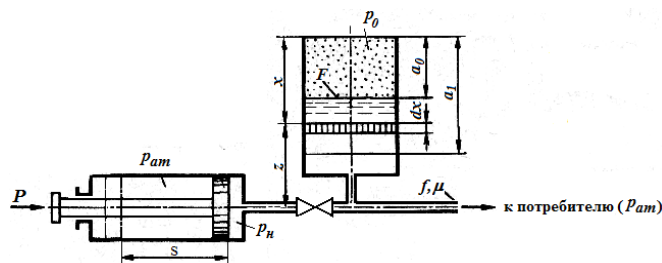


Рисунок 1 – Формализованная принципиальная схема нагнетания

При эксплуатации в импульсном режиме насосных установок решение уравнение динамики (1) при $F = \text{const}$ и нагнетании имеет вид

$$t_{нагн} = \frac{2F}{\mu \cdot f \sqrt{2g}} \left[\sqrt{H_{нач}^{нагн}} - \sqrt{H} + \sqrt{H_{уст}} \ln \frac{\sqrt{H_{уст}} - \sqrt{H_{нач}^{нагн}}}{\sqrt{H_{уст}} - \sqrt{H}} \right], \quad H_{уст}^{\frac{1}{2}} = \frac{Q_n}{\mu \cdot f \sqrt{2g}}. \quad (2)$$

где H – текущий напор, м; F – площадь сечения бака-аккумулятора; Q_n - производительность насоса. При выводе уравнений (2) и (3) давление в газовой полости аккумулятора принято равным атмосферному давлению (газовая полость сообщается с атмосферой), пренебрегали существующими потерями на всасывающей и нагнетательной линии до бака-аккумулятора (рис.1), истечение жидкости у потребителя происходит в атмосферу, забор жидкости из резервуара происходит при внешнем атмосферном давлении ($p_0 = p_{атм}$), аккумулятор призматической или цилиндрической формы.

При отключении насосов питание потребителей осуществляется от накопленной энергии в баке-аккумуляторе системы СПР и в уравнении динамики (1) при опорожнении

аккумулюючої ємкості $dP_1 = 0$. Її рішення в цьому випадку (час, за який напір змінюється від $H_{нач}$ до H і напір в кінці процесу)

$$t_{паузи} = \frac{2F}{\mu \cdot f \sqrt{2g}} \left[\sqrt{H_{нач}^{паузи}} - \sqrt{H} \right], \quad H = \left[\sqrt{H_{нач}^{паузи}} - \frac{\mu \cdot f \sqrt{2g}}{2F} t_{паузи} \right]^2. \quad (3)$$

Із (2) і (3) видно, що зміна тиску в часі нагнітання близько до експоненціальної залежності. Граничні значення тиску робочої середовища можуть бути записані в вигляді умов: $H = H_{нач}$ при $t = 0$ і $H = H_{уст}$ при $t \rightarrow \infty$. Зміна тиску в часі холостого ходу або зупинки нелинійна, і близько до параболічної залежності. Обидва рішення явно відрізняються від рішення [1].

Порівняння кількості енергії, переданої споживачу по традиційній неперервній подачі при незмінному тиску робочої середовища за час від 0 до $\tau_{періода}$ (при рівності слагаємого в рівнянні збереження (1) $dP_2 = 0$), і по запропонованому методу показало, що необхідним і обов'язковим умовою для підвищення ефективності станції, що визначає цінність даних розробок, є

$$\tau_{періода} > \frac{H_{нач}^{нагн} V_{нач}^{нагн}}{2Q_{нач}^{паузи} (H_{нач}^{паузи})} \left[\left(1 + \left(\frac{\sqrt{H_{уст}}}{\sqrt{H_{нач}}} - 1 \right) \frac{Q_{нач}^{нагн}}{2F \cdot H_{нач}^{нагн}} \tau_{нагн} \right)^4 - 1 \right] + \frac{V_{нач}^{паузи}}{2Q_{нач}^{паузи}} \left[1 - \left(1 - \frac{Q_{нач}^{паузи}}{2F \cdot H_{нач}^{паузи}} \tau_{паузи} \right)^4 \right],$$

де $Q_{нач}^{паузи}$ - величина витрати (витрати) в початку паузи; $Q_{нач}^{нагн}$ - величина витрати в початку нагнітання; $V_{нач}^{нагн}$ і $V_{нач}^{паузи}$ - об'єм рідини в акумуляторі в початку і кінці процесу нагнітання; $\tau_{період} = \tau_{нагн} + \tau_{паузи}$ - період циклу.

Література

1. Бондаренко, Г. А. Інженерна теорія регулювання винтових компресорів переводом на холостий ход / Г.А. Бондаренко // *Вісник Сумського державного університету*. – 2003. – №3(49). – С. 63-71. – (Серія Технічні науки).

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ НА ПИТОМУ ШВИДКІСТЬ РОСТУ *CYPRINUS CARPIO*

Бондаренко Ю.С., Кравченко О.О., к.б.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В Україні з використанням абляційних нанотехнологій синтезовано цитрати перехідних металів у водних розчинах, що дозволило назвати їх наноаквацитратами. Доведено, що вказані сполуки проявляють дезінвазійний ефект за знезараження тваринницьких приміщень, ґрунту, стічних вод [1]. Водночас, практичне впровадження наносполук металів неминуче призведе до надходження і накопичення їхніх надмірних концентрацій в гідроекосистемах, до найуразливіших складових навколишнього середовища, є колекторами усіх техногенних потоків розсіювання поллютантів. Враховуючи реальну небезпеку акумуляції сполук в організмі ставкових риб та тривалого впливу остаточних доз наноаквацитратів у воді на темпи росту рибної молоді були виконані дослідження щодо впливу вказаних сполук на питому швидкість росту *Cyprinus carpio*.

Для оцінки питомої швидкості росту риб за дії наноаквацитратів були використані концентрації, які не зумовили гострого токсичного впливу на коропа – 0,01-0,1 мг/дм³.

Експерименти проводили у відповідності до методик, описаних у [2]. Для експериментів використовували 10-ти літрові акваріуми, куди вносили по 10 екз. аклімованих однорозмірних особин *C. carpio*. Температура води підтримувалася в межах 20±2°C за допомогою терморегуляторів. Проби аерували мікрокомпресорами.

За результатами дослідження найвищу швидкість росту протягом 28 діб проведення експерименту відмічено у контролі та у варіантах з наноаквацитратом срібла і заліза концентрацією відповідно 0,01 мг/дм³ й 0,05 мг/дм³. Разом з тим, аналізуючи отримані дані, виявлено, що у жодному з варіантів питома швидкість росту не знижується більше ніж на 15% порівняно з контрольним проростом.

Таким чином, оцінити токсичну дію наноаквацитратів перехідних металів за показником сумарної питомої швидкості росту неможливо. Тому, поряд з вище наведеними результатами, не менш важливими є дані щодо залежності темпів росту мальків коропа від тривалості дії наноаквацитратів, оскільки факти зниження питомої швидкості росту упродовж 28 діб не дали достовірної різниці порівняно з контролем. Водночас, аналізуючи динаміку питомої швидкості росту за кожні 7 діб, відмічено наступні закономірності: у контрольному варіанті зафіксовано зниження питомої швидкості росту упродовж 2-3-го тижня експерименту та встановлено зростання вказаного показника за 4-й (останній) тиждень досліду, що пояснюється специфікою процесів адаптації зростаючого організму до умов нестачі корму

Необхідно відмітити, що помітної динаміки показників питомої швидкості росту за концентрації 0,01 мг/дм³ наноаквацитратів усіх металів (відносно контролю) не спостерігали.

Разом із тим, у варіантах із підвищеними концентраціями сполук металів зафіксовано тенденцію до постійного зниження питомої швидкості росту упродовж останніх двох тижнів експерименту, що може бути обумовлено наявністю додаткових лімітуючих факторів, якими вірогідно виступають вказані сполуки.

1. Волошина Н. О. Порівняння овоцидної ефективності наночасток деяких металів як дезінвакційних засобів / Н. О. Волошина // Вісник зоології. — 2010. — Т. 44, № 3. — С. 271–274.

2. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем у токсичному середовищі : автореф. дис.. на здобуття вченого ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.16 “Екологія” / Володимир Петрович Гандзюра. — Чернівці, 2004. — 36 с.

ВИДОВА ЧУТЛИВІСТЬ КВІТКОВО-ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН ДО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА

Колінько О. М., Міщенко В. І., Лихолат Ю. В., д. б. н., професор
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Натепер в науковій літературі велика увага приділяється неспецифічним механізмам адаптації рослин в умовах забруднення довкілля важкими металами. В результаті функціонування промислових підприємств та автотранспорту виникають емісії сполук важких металів, які мають здатність утворювати високі локальні концентрації та іноді перевищують поріг допустимих значень, впливаючи на біологічні функції живих організмів, що призводить до зміни компонентів агрофітоценозів. Деградація рослинного покриву, в свою чергу, призводить до появи рудеральних бур'янів, серед яких є багато алергенів. У зв'язку з цим велике значення набуває вивчення та використання в культурі квітково-декоративних рослин, які не тільки мають декоративний вигляд, але й високий пристосувальний потенціал у змінених екологічних умовах.

Мета нашої роботи – встановлення видової чутливості квітково-декоративних рослин до накопичення важких металів. Таке дослідження дозволяє вирішити нагальність завдання щодо розширення асортименту квітково-декоративних рослин у сучасному озелененні, збереження їх генофонду, здійснити результативний добір інтродукованих видів і сортів, стійких до умов степового Придніпров'я, і розробити принципи їх використання у декоративному садівництві.

Об'єктом дослідження були квітково-декоративні рослини (гайлардія гібридна, календула лікарська сорт "Сенсація" та сорт "Оранж-кьоніг", мірабіліс ялапа, тагетес прямостоячий сорт "Кармен"), які зростали у зоні дії комплексного забруднення викидами металургійного підприємства та на умовно-чистій території (в 80 км від промислового центру).

Встановлено індивідуальну накопичувальну здатність видів, наприклад, максимальні концентрації важких металів у вегетативних органах рослин були виявлені для заліза та марганцю у мірабіліс ялапа, для міді – у тагетеса; для свинцю – у календули лікарського сорту "Сенсація".

Статистично достовірно встановлено, що у рослин, які зростали на території забрудненій важкими металами, спостерігався підвищений вміст кадмію і заліза в листках; кадмію, свинцю і нікелю – в стеблах. Необхідно відзначити, що рівень накопичення усіх важких металів у кореневих системах рослин у контролі та досліді не відрізняється в межах заданого рівня значимості. За загальним вмістом важких металів у надземній частині досліджені квітково-декоративні рослини можна розташувати в наступній послідовності: мірабіліс ялапа > календула лікарська сорт "Сенсація" > гайлардія гібридна > календула лікарська сорт "Оранж кьоніг" > тагетес прямостоячий сорт "Кармен".

На основі проведених досліджень були виявлені особливості накопичення важких металів вегетативними та генеративними органами основних видів квітково-декоративних трав, найбільш придатних для подальшого використання у відновленні рослинності на землях, порушених металургійними підприємствами.

Встановлені видові особливості стійкості квітково-декоративних рослин (тагетес прямостоячий сорт "Кармен", календула лікарська сорт "Оранж-кьоніг") до дії окремих політантів (важких металів) в подальшому будуть використані при проведенні озеленення промислових майданчиків металургійних підприємств.

ДІЯ СИНТЕТИЧНИХ ЕСТРОГЕНІВ, ЯКІ МІСТЯТЬСЯ У ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ, НА МЕТАБОЛІЗМ ТВАРИН РІЗНОГО ВІКУ

Лихолат Т. Ю., к. б. н., Маренков О. М., к. б. н., Алексеева А. А., к. б. н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Лихолат О. А., д. б. н.

Університет митної справи та фінансів

У життєдіяльності живих організмів значну роль відіграють гормони, синтез яких відбувається статевими органами, щитовидною залозою тощо. Серед гормонів виділяються естрогени, які відносяться до жіночих гормонів, але вони присутні і в чоловічому організмі. Вони виробляються фолікулами надниркових залоз, яєчників і плацентою. Проявом надмірного вмісту естрогенів є структурні зміни в організмі. Циркулюючи в крові у вигляді комплексів з білками, естрогени здатні викликати набряки, в результаті затримки в організмі води і солей. Вони знижують згортання крові та концентрацію гемоглобіну, підвищують тонус м'язів внутрішніх органів, що часто призводить до нирковокам'яних і жовчнокам'яних хвороб, бронхіальної астми, спазмів шлунка і кишковика.

Екзоестрогени – це речовини, які порушують функціонування ендокринної системи, що пов'язано з сучасними умовами життя, в першу чергу з підвищеним забрудненням атмосфери, неправильним харчуванням та іншими негативними чинниками. Вони містяться у поверхневих водах по всьому світу та у харчових продуктах або забруднюються ними потім. Надлишкова кількість гормонів, що потрапляє ззовні, фільтрується і переробляється печінкою, що викликає виснаження і несприятливо впливає на її роботу в цілому. Гормони видаляються через нирки з сечею.

В зв'язку з цим нами було проведено дослідження впливу екзоестрогенів на загальну антиоксидантну активність у нирках та печінці самиць щурів у пубертатному періоді та статевозрілих тварин.

Для моделювання впливу екзогенного естрогену *in vivo* їжу щурів обробляли препаратом «Сінестрол» (мезо-3.4-ди-(пара-оксифеніл)-гексан) – похідний стильбену, який за хімічною будовою відрізняється від стероїдних естрогенних гормонів (жіночих статевих гормонів), але за біологічними і лікувальними властивостями близький до них – в розрахунку 2 мкг/ кг маси протягом 45 діб.

Після проведення досліджень щодо визначення впливу експозиції екзоестрогену на процеси перекисного окиснення ліпідів та стан антиоксидантного захисту в органах детоксикації щурів різного віку були отримані наступні результати: у нирках та печінці відмічене підвищення активності антиоксидантної системи: у самиць віком 4,5 місяці – на 4 % та 18 %, 7,5 місяці – на 30 % та 14 % у порівнянні з контрольними групами відповідного віку. Таким чином, зростання інтегрального показника стану антиоксидантних систем – загальної антиоксидантної активності в органах самиць щурів свідчить про різний потенціал захисних систем залежно від віку: самиці в препубертатному періоді більш сприйнятливі до екзоестрогенів. Через зміни в темпах реакцій шляху детоксикації, а не в метаболізмі естрогенів, що надходили до організму, зокрема, з продуктами харчування, тварини можуть ставати менш чутливими до впливу цих речовин з віком.

При аналізі даних, отриманих у ході впливу аліментарного навантаження екзогенними естрогенами на органи виділення, можна припустити, що подібні зсуви в перспективі можуть стати тригером зниження потенціалу компенсаторних механізмів, зокрема адаптації, що є важливою патогенетичною ланкою розвитку як хвороб органів детоксикації, так і організму в цілому.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БІОГЕОЦЕНОЗІВ ТА ПЛАТА ЗА ЇХ КОРИСТУВАННЯ

Мацюк В. Р., студентка

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Біогеоценоз (екосистема) – природна одиниця, яка складається з низки живих та неживих компонентів. У результаті їхньої взаємодії створюється стабільна система, у якій постійно відбувається колообіг речовин.

Пріоритетним завданням екологічної політики України визначено застосування вартісної оцінки екосистемних послуг. Економічна вартість екосистемних послуг та її оцінка залежить від розуміння того, що включають ці послуги, адже дуже важко дослідити і визначити всі послуги екосистем і передбачити, як саме ці послуги можуть змінитися внаслідок впливу діяльності людини. Недооцінка послуг біогеоценозів виникає через брак відповідної інформації.

Кожну послугу екосистем можна оцінити одним чи кількома способами залежно від вартості прямого використання, вартості непрямого використання чи вартості невикористання. Послуги екосистем можуть бути оцінені кількісно, використовуючи економічні методи (прямого ринкового оцінювання, затрат на подорож, умовного оцінювання та ін.) [1]. Проте, вибір методу оцінки повинен бути ретельно продуманим, адже кожен метод має ряд переваг та недоліків. Недивлячись на проблеми оцінки економічної вартості екосистемних послуг, та ряд труднощів, що їх супроводжує, реальна вартість біогеоценозів в рази перевищує економічну оцінку під час використання.

Екологи разом з економістами закликають до ширшого використання ринкових інструментів для вирішення екологічних проблем. Але на жаль відсутність інструментів потрібних для вирішення цих проблем, ускладнює можливість оцінити їх ефективність. Ринок сам по собі не може забезпечити сталість екосистем та справедливий Плата за

послуги екосистем дає змогу побачити широкий спектр послуг, зокрема ті, на які не звертали належної уваги, економічно оцінити та інтегрувати у процес прийняття господарських рішень, однак не є достатньою для досягнення сталості.

Для забезпечення рамкових умов використання екосистемних послуг, які є спільною спадщиною громад і людства загалом, потрібні нові інституції, які ґрунтуються на морально-етичних цінностях і стратегії співробітництва[2].

Список використаної літератури

- 1 Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». Відомості Верховної Ради України, 2011. – N 26. – С. 218.
2. І.П. Соловій. Концепція плати за послуги екосистем: світовий досвід і перспективи і перспективи її впровадження у лісовому секторі

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЙНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПРОБИ В УНІВЕРСАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК – МІКРОТУНЕЛЯХ

Полив'янчук А.П., д.т.н., проф., Скурідіна О.О., Каслін О.І.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Актуальність теми. Значний внесок в проблему забруднення атмосферного повітря міського середовища токсичними продуктами згорання різних палив вносять пересувні джерела викидів забруднюючих речовин з дизельними силовими установками – автомобілі, автобуси, тепловози, трактори та ін. Для підвищення екологічної чистоти цих об'єктів проводять діагностування дизелів за нормованими показниками токсичності відпрацьованих газів (ВГ) з використанням спеціального обладнання та вимірювальних систем. Однією з таких систем є компактний універсальний вимірювальний комплекс з мікротунелем для контролю викидів твердих частинок (ТЧ) з ВГ дизелів різних типів [1-3]. В цій системі здійснюється імітація природного процесу потрапляння ТЧ у атмосферу шляхом розбавлення повітрям частки ВГ, відібраної з вихлопної труби дизеля, у спеціальному трубопроводі – мікротунелі з діаметром ~ 3 см та довжиною ~ 30 см [4-6].

Актуальною задачею проектування сучасних мікротунелів є вибір ефективного – точного і недорогого методу контролю проби ВГ, яка потрапляє від дизеля до трубопроводу розбавлення ВГ – тунелю. Цей метод є непрямим оскільки безпосередній контроль проби ВГ ускладнюється її високою температурою – до 600 °С, хімічною агресивністю та наявністю дизельних ТЧ. З метою вирішення цієї задачі авторами розроблено компенсаційний метод контролю проби ВГ, доведено його ефективність в результаті порівняння з відомим аналогом – диференційним методом, який використовується мікротунелі AVL SPC 472 та експериментально підтверджено практичну придатність запропонованого методу в ході безмоторних випробувань вузла відбору газових проб мікротунеля.

Мета: розробка, впровадження та підтвердження практичної придатності компенсаційного методу контролю газової проби в мікротунелях, який є значно дешевшим ніж відомі аналоги, зокрема диференційний метод, що використовується у вимірювальній системі AVL SPC 472

Завдання: 1) аналіз диференційного та компенсаційного методів контролю проби; 2) розробка методики калібрування витратомірів компенсаційного методу контролю проби; 3) розробка методики визначення величини масової витрати проби компенсаційним методом; 4) експериментальне оцінювання точності компенсаційного методу контролю проби.

Методи дослідження: аналіз та синтез інформації, математичне моделювання, планування експерименту, експериментальні дослідження, розрахунковий експеримент.

Наукова новизна: запропоновано при контролі небезпечного забруднювача атмосфери міського середовища – дизельних твердих частинок використовувати в мікротунелях компенсаційний метод контролю проби, який є дешевшим відомого аналога – диференційного метода, що використовується у мікротунелі AVL SPC 472.

Практична цінність: експериментально підтверджено, що при реалізації компенсаційного методу контролю проби недорогі витратоміри – стандартні звужуючі пристрої з класом точності 1,5 забезпечують потрібну точність вимірювань коефіцієнта розбавлення відпрацьованих газів повітрям з похибкою, яка не перевищує допустимої величини – $\pm 4\%$ та можуть використовуватись в універсальних системах екологічного діагностування дизелів – мікротунелях.

Заходи щодо впровадження компенсаційного методу контролю проби (рис. 1) розроблені з метою перевірки практичної придатності цього методу і складаються з:

- методики калібрування витратомірів компенсаційного методу контролю проби;

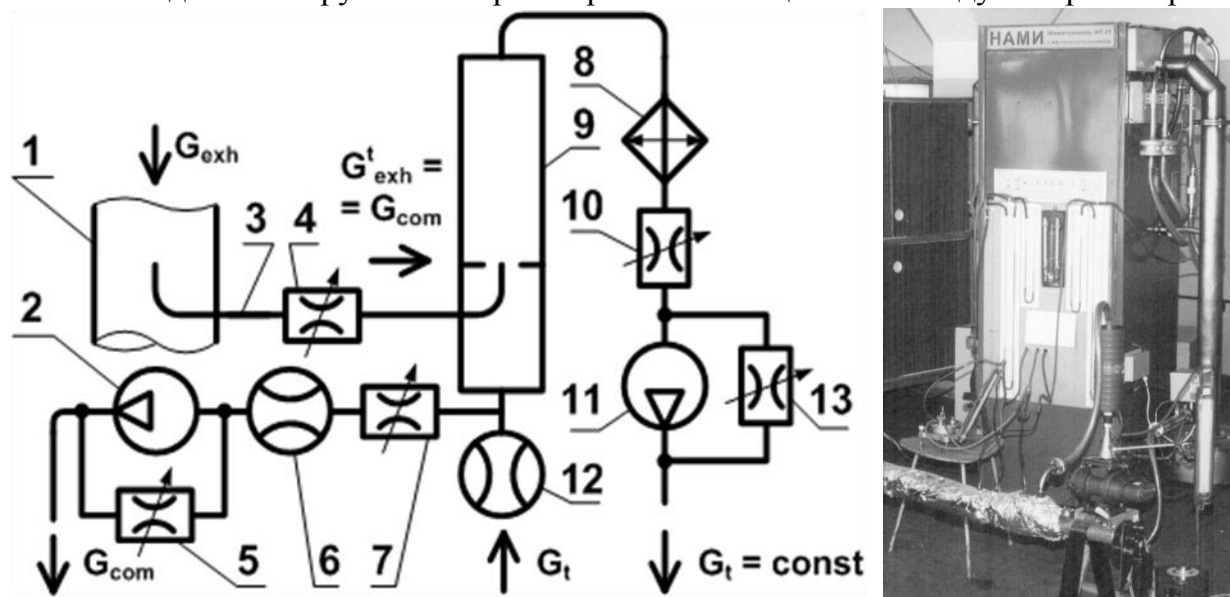


Рис. 1. Принципова схема та загальний вигляд випробувального стенду з мінітунелем МТ-1 для досліджень компенсаційного методу контролю проби

- методики визначення масової витрати проби G_{exh}^t компенсаційним методом;
- алгоритму регулювання потоків G_t та G_{com} .

Ці заходи були реалізовані на базі безмоторного випробувального стенду з мінітунелем МТ-1, в якому для вимірювань масових витрат G_{dil} і G_{com} використовувались стандартні звужуючі пристрої – колектор і діафрагма, спроектовані у відповідності до встановлених вимог [6,7].

Література

1. Polivyanchuk, A. (2014). Improving the efficiency of emission control dispersed particles from diesel exhaust gases. Bulletin of Kharkiv National University of Karazin. Series «Ecology», 11(1140), 83-88.
2. Polivyanchuk, A., Parsadanov, I. (2015). Experimental verification of microtunnel MKT-2 on the brake stand autotractor diesel engine. Industrial technology and engineering. Republic of Kazakhstan, 2(15), 11-16. [in English].
3. Polivyanchuk, A., Skurydyna, A. Kaslyn, I. (2016). Povyshenie ehffektivnosti sistem ehkologicheskogo diagnostirovaniya dizel'nih silovih ustanovok – tunnelej. [Increasing the effectiveness of environmental diagnostic systems for diesel power plants - tunnels]. Man and the environment. Problems of neocology, 3-4(26), 132-140.

4. Regulation No 49. Revision 6 (2013). Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positiveignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. E/ECE/TRANS/505, 434.

5. Regulation № 96. Revision 3. (2014). Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. E/ECE/TRANS/505, 416.

6. Hanzhenkov, V. (1953). Aerodynamic characteristics of collectors. [Aehrodinamicheskie harakteristiki kollektorov]. Industrial aerodynamics, 4, 45-62.

7. RD 50-213-80. (1982). Rules for measuring the flow of gases and liquids by standard narrowing devices. [Pravila izmereniya raskhoda gazov i zhidkosteј standartnymi suzhayushchimi ustrojstvami]. Moscow: Standards Publishing House, 319.

СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЕТИМЕНТАЛЬНЕ ВІДПРАЦЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КОМУНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ І ТРАНСПОРТУ

Полив'янчук А.П., д.т.н., проф., Скурідіна О.О., Романенко С.В., Семененко Р.А.
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Актуальність теми. Екологічність є одним з найбільш важливих показників якості сучасних котельних установок (КУ) і теплових двигунів (ТД), що обумовлено значним негативним впливом хімічного та фізичного характеру цих об'єктів на довкілля. Сумарна частка у забрудненні атмосферного повітря міського середовища комунальними КУ та транспортними ДВЗ досягає 90%. Систематичні викиди забруднюючих речовин з димовими газами котелень та відпрацьованими газами двигунів призводять до погіршення показників якості навколишнього середовища (НС), підвищення канцерогенної небезпеки та виникнення регіональних і глобальних екологічних проблем. У зв'язку з цим створення систем екологічного діагностування КУ і ТД, які дозволяють ефективно оцінювати вплив цих об'єктів на довкілля, є актуальним напрямком досліджень.

При створенні сучасних вимірювальних систем для визначення екологічних показників КУ і ТД ставляться такі цілі: забезпечення широкої галузі застосування та значного строку експлуатації обладнання; підвищення його компактності та мобільності; забезпечення високої точності та економічної ефективності використання цих систем. Тому завдання створення універсальної системи екологічного діагностування КУ і ТД, в якій вживаються заходи з підвищення ефективності вимірювань, є доцільним.

До найбільш значимих властивостей нових вимірювальних систем, таких, що надають їм переваги над відомими аналогами [1], зокрема – мінітунелями Perkins AVL MT 474, мікротунелями AVL SPC 472, Pirburg PS 2000, багатотрубного типу та ін. слід віднести: універсальність; багатофункціональність; забезпечення регламентованої точності вимірювань при меншій ніж у аналогів вартості обладнання; компактність, мобільність та зручність у експлуатації; забезпечення можливості тривалої автономної роботи без використання електричних мереж; висока інформативність результатів досліджень; інноваційність впроваджених технологічних та технічних рішень; здатність до удосконалення – підвищення ефективності та розширення виконуваних функцій; забезпечення можливості наочної демонстрації принципу дії обладнання при використанні у навчальному процесі.

Метою роботи є створення та експериментальне відпрацювання автоматизованої універсальної системи екологічного діагностування котельних установок та теплових

двигунів різного призначення за показниками, що характеризують матеріальні та фізичні забруднення НС.

Завдання: 1) створення експериментального зразку універсальної системи екологічного діагностування КУ і ТД; 2) систематизація методик визначення екологічних показників КУ і ТД, які характеризують хімічні та фізичні забруднення НС; 3) експериментальне відпрацювання універсальної системи екологічного діагностування КУ і ТД на натурних об'єктах.

Методи дослідження: аналіз та синтез інформації, математичне моделювання, планування експерименту, експериментальні дослідження, розрахунковий експеримент.

Наукова новизна: 1. Вперше розроблено і реалізовано концепцію створення універсальної, багатофункціональної, мобільної, високоінформативної, забезпеченою можливістю автономної роботи без використання електричних мереж, здатної до удосконалення системи екологічного діагностування КУ і ТД за показниками, що характеризують хімічні та фізичні забруднення НС. 2. При створенні вимірювальної системи реалізовано інноваційні технічні та технологічні рішення, до яких відносяться: використання 3-х модульної структури з вимірювальним, тестувально-демонстраційним та лабораторним модулями, що забезпечує можливість використання системи як засобу діагностики, навчального стенду і лабораторії; використання інформаційної SMART-панелі для візуалізації роботи приладів, програм, обладнання, результатів досліджень розширює її можливості як демонстраційного засобу.

Практична цінність: 1. Експериментальний зразок створеної вимірювальної системи дозволяє визначати екологічні показники КУ і ТД. 2. Установка для досліджень аеродинамічних процесів в газоходах дозволяє відпрацьовувати технології вимірювання швидкості і витрати газових потоків, процесів відбору проб та ін. 3. На базі лабораторного модулю вимірювальної системи може проводитись якісний та кількісний аналіз різних забруднювачів довкілля.

Експериментальний зразок універсальної системи екологічного діагностування КУ і ТД створено на основі мікротунелю МКТ-2 [1, 2] – установки для динамічного розбавлення проби димових (відпрацьованих) газів повітрям, що дозволило забезпечити такі властивості цієї системи, як: багатофункціональність, компактність, мобільність, зручність у експлуатації, висока ступінь автоматизації, інформативність результатів, здатність до вирішення як науково-дослідних, так і навчальних завдань.

Основними елементами створеної вимірювальної системи є 3 модулі: вимірювальний, тестувально-демонстраційний та лабораторний.

До складу *вимірювального модулю* системи входять:

- система динамічного розбавлення проб– мікротунель МКТ-2;
- прилади і обладнання для безпосереднього вимірювання екологічних показників, що характеризують хімічні та фізичні забруднення навколишнього середовища, зокрема: портативний газоаналізатор ОКСИ 5М, електроаспіратор АСА-2М, шумомір-реєстратор ДТ-8852, тепловізор Testo 871, пневмометричні трубки конструкції НІІОГАЗ різної довжини, мікроманометр ММН 2400.

До складу *тестувально-демонстраційного модулю* системи входять:

- установка для досліджень аеродинамічних процесів, що протікають у вихлопних системах двигунів та димових трубах котелень, процесів відбору та підготовки до аналізу газових проб;

- лабораторна стійка-трансформер, на базі якої можуть збиратися різні вимірювальні та випробувальні стенди відповідно до завдань досліджень;

- мультимедійний комплекс, оснащений планшетним ПК з комплектом спеціалізованого програмного забезпечення і доступом до мережі Internet та

інформаційною SMART-панеллю діаметром 43" для демонстрації роботи приладів, обладнання, програм, результатів досліджень, тощо

До складу *лабораторного модулю* системи входять лабораторні прилади, обладнання і витратні матеріали, які використовуються при проведенні аналізу проб, відібраних в ході екологічних досліджень натурних об'єктів, зокрема: спектрофотометри КФК-2, ULAB 102, електронні ваги Radwag AS 60/220 R2, ТВЕ-0,5-0,01, витяжна шафа ШВЛ-02, Шафа сушильна СП-30, хімічні реактиви, посуд.

Література

1. Lianga Z. Investigation of SVOC nanoparticle emission from light duty diesel engine using GC×GC-ToF-MS / Z. Lianga, J. Tiana, S. Zeraati Rezaeia, Y. Zhanga et al. // School of Mechanical Engineering, University of Birmingham, UK, 2015. – 31 p.

2. Полив'ячук А.П. Концептуальні основи створення універсальних систем контролю викидів твердих частинок з відпрацьованими газами дизелів / А.П. Полив'ячук, І.В. Парсаданов, О.І. Каслін, О.О. Скурідіна // Двигуни внутрішнього згоряння, 2018. – № 1. – С. 56–62.

3. Polivyanchuk A. Effectiveness evaluation of the measuring system with a microtunnel MKT-2 for ecological diagnosis of diesel locomotives / A. Polivyanchuk, O. Kaslin, E. Skuridina // Двигуни внутрішнього згоряння, 2018. – № 2. – С. 72–76.

EFFECT OF THE SOLVENT COMPOSITION ON THE PROFILE OF COMPOUNDS EXTRACTED FROM APRICOT POMACE

V.I. Vorobyova, Y.F. Fatyeyev, Denisyk I.V.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Plants have gained remarkable interest owing to their richness in bioactive compounds in conjunction with various health benefits, including antioxidant activity. They have a prominent place as a primary supply of “green” organic substances, which are considered to be the major sources of antioxidants. The fruit industries generate a high amount of by-products that can be valorized as feed stocks for new processes using green technologies.

Apricot fruits (*Prunus Armeniaca L.*) are valued and highly consumed all over the world, both for their flavour and for nutritional qualities. Ukraine is one of the major apricot producers in the world with the approximate annual yield of 160 000 tonnes/year of fresh fruit, seeds, and kernels, respectively. About 20% of the harvest turns into waste from processing of this raw material. The successful utilization of this natural waste may also provide an option for resource recovery. Fruit cakes (apricot) have potential as source of antioxidant compounds with commercial interest in cosmetic, pharmaceutical and food industries.

Conventional solvent extraction is the most popular method used to produce natural extracts. However, the solvent system used for extraction greatly affects its antioxidant quality. The solvent properties present, undoubtedly the key role in the extraction of antioxidant compounds. The most suitable solvents for the extraction of «green» compounds, from the point of view of food safety, are water, ethanol and 2-propanol. In many extraction systems, the solvents are utilized isolatedly, however they can produce inefficient results. In these cases it is convenient to use solvent mixtures, which can vary from binary, ternary and even multicomponent mixtures. An important aspect in the studies performed in mixed solvents is the role of solvent-solvent interactions in competition for the solvation of solutes. Besides this, the solvent mixture provides a polarity variation capable of extracting phenolic compounds of different degrees of polarity. Therefore, the optimization of the mixture is fundamental for an accurate evaluation of the phenolic compounds of different food matrices. The antioxidant extracts were obtained in a proportion sample – solvent or solvent mixture of 1:10 at room temperature under mechanical stirring for 3 h. The total phenolic content of the chia seeds extracts was determined according to the Folin-Ciocalteu's method with some modification. The

activity of elimination of the free radicals of the extracts was determined based on the DPPH, with some modification. The antioxidant capacity of ferric reduction was determined by the FRAP method, with adaptation. The chromatographic analyses were carried out in a high performance liquid chromatography (HPLC) Shimadzu, equipped with a Rheodyne 7125i automatic injector and one UV/VIS detector.

The solvent mixture such as water-ethanol-2-propanol was highly efficient to extract the “green” organic substances compounds of the studied sample. From the HPLC data obtained, it can be concluded that the water-ethanol-2-propanol extract contains a larger weight ratio of phenolic compounds. The best results were obtained for the water-ethanol-2-propanol (20/30/50) binary mixture, presenting TPC, DPPP and FRAP values of 58.44 mg GAE/g, 250.20 $\mu\text{mol TE/g}$ and 720.15 $\mu\text{mol TE/g}$, respectively.

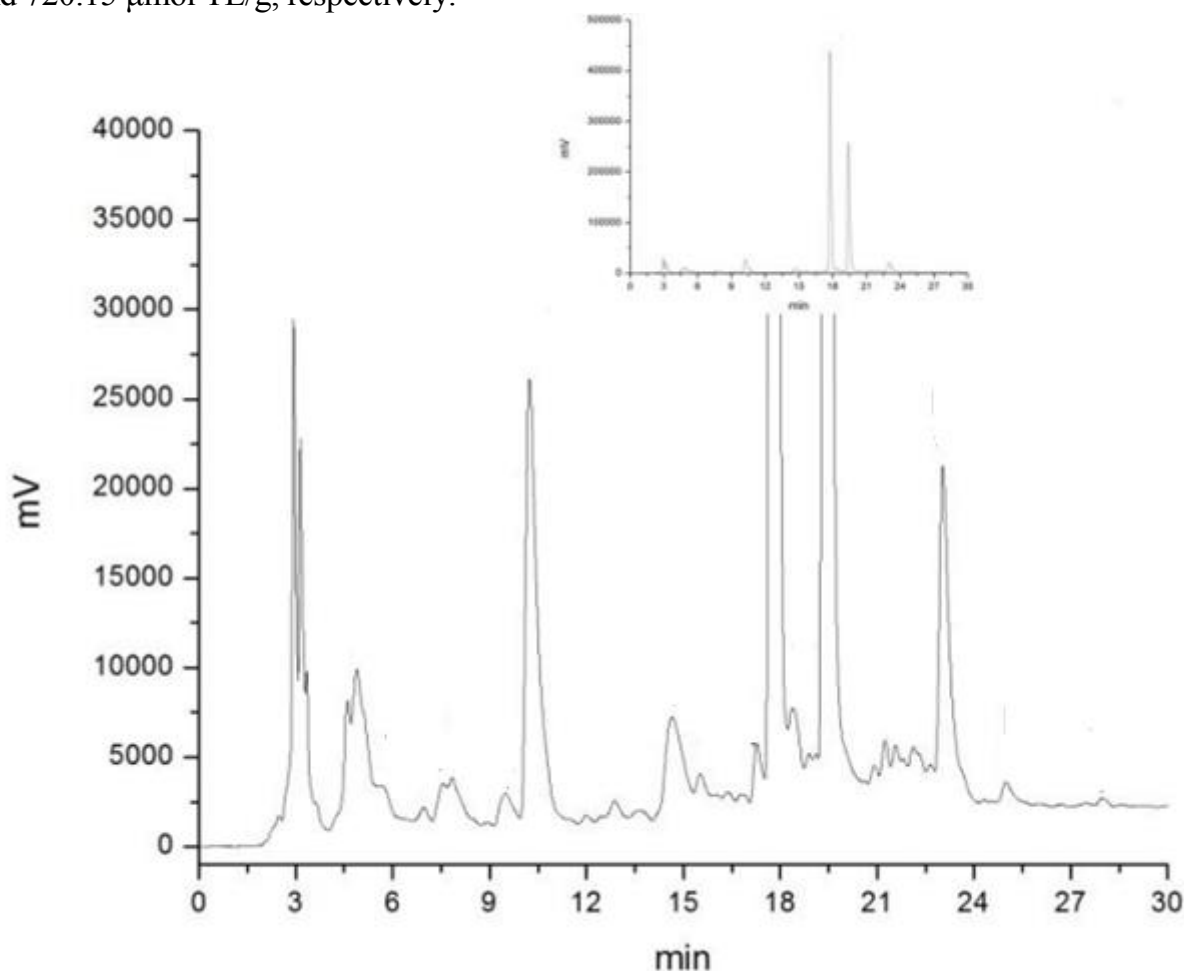


Fig. 1. HPLC chromatogram of the phenolic compounds of the apricot pomace extract

Thus, the extracts obtained from apricot pomace have the potential to become a promising natural preservative agent, with varied applications in the cosmetics, pharmacy and food industries, and also to promote the reutilization of the residue of fruit feedstock.

Vorobyova V., Skiba M., Shakun A. Characterising the phytochemical, antioxidant and inhibition properties of the apricot pomace extract (*Prunus armeniaca L.*) // Innovations in science: The challenges of our time. ISBN 978-77192-422-1. Accent Graphics Communications and Publishing, 1807-150, Charlton st. East, Hamilton, Ontario, Canada., 2018 – P. 508-514.

Vorobyova Victoria. Self-assembly on steel surface by using apricot pomace extract for corrosion protection / Victoria Vorobyova, Olena Chygyrynets', Tatyana Zhuk, Skiba Margarita, Yaroslava Lopatina, Anastasiia Shakun // EAST WEST Chemistry Conferenc, 10-12 October, 2018.

V.I. Vorobyova, M.I. Skiba, A.S. Shakun and S.V. Nahirniak Relationship between the inhibition and antioxidant properties of the plant and biomass wastes extracts – A Review / Int. J. Corros. Scale Inhib., 2019, 8, no. 2, 150–178. doi: 10.17675/2305-6894-2019-8-2-1

Vorobyova V. A study pomaces of grapes extract as eco-friendly vapor phase corrosion inhibitor / V. Vorobyova, O. Chygyrynets', M. Skiba, I. Trus, S. Frolenkova // Chemistry and Chemical Technology. – 2018. Vol. 12, – №. 3. – С. 410–418

VALORIZATION OF THE APRICOT POMACE EXTRACT: PHYTOCHEMISTRY, ANTIOXIDANT AND ANTICORROSIVE ACTIVITIES

¹Vorobyova V.I. PhD, Assistant professor, ¹Chygyrynets' O.E. Doctor of sciences, Professor, ²Skiba M.I. PhD, Assistant professor.

¹*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

²*Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine*

Nowadays, the synthesis of corrosion inhibitors using traditional multistep reactions is highly restricted because of the increasing demands of “green chemistry” [1-3]. Plant materials and biomass wastes are ideal green candidatures to replace traditional toxic corrosion inhibitors.

Literature survey reveals that different extracts of the plant and agro-food wastes contain naturally phytochemical compounds which have antioxidant properties have been effectively employing as sustainable inhibitors for the corrosion of different metals and alloys [3-5] Nevertheless, despite the numerous research papers, the reviews in which the correlation between the antioxidant/free radical scavenging activity of the extracts and their inhibition action is explained are not represented in the literature.

Beside the antioxidant and free radical scavenging activity, plants extracts became also a target for the discovery of natural inhibitors of steel corrosion. Importantly, the correlation between antioxidant/free radical scavenging activity of the extracts and the inhibition action was observed. By developing the theoretical basis and mechanism of action between the anticorrosive and antioxidant properties of plant extracts, it is possible to create predictive tools for selecting plant extract and further obtaining anti-corrosion protection based on it.

Therefore, studies have increasingly explored the use of non-toxic, biodegradable, and ecofriendly inhibitors such as plant extracts. In this context, this work focused on the chemical characterization and evaluation of the antioxidant activity and corrosion inhibition of the Apricot pomace extract.

This study focuses on the adsorption and corrosion inhibition performance of the (Ethanol/2-propanol=50/50) apricot pomace extract APE on mild steel in 0.5 M NaCl. The total phenolic contents (TPC) and total flavonoid contents (TFC) of the apricot pomace extract have been examined, and its corrosion inhibition performance was investigated by weight loss and polarization measurements. The surface morphology of mild steel was analyzed by scanning electron microscopy (SEM).

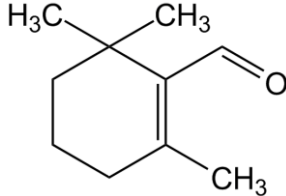
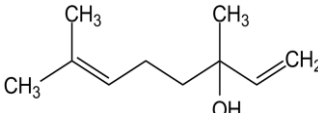
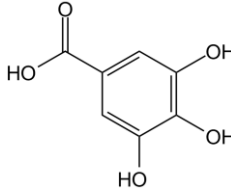
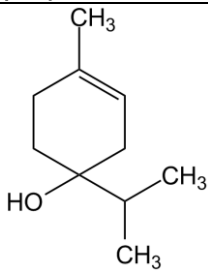
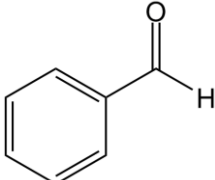
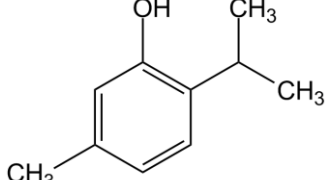
Chromatographic analysis of the sample APE was made on a gas chromatograph coupled to a mass spectrometer, in the electron impact ionization mode. This study showed that Apricot pomace extract is rich in polyphenols, tannins (Gallic and catechics), flavonoids, sterols, catechols (Table 1).

The results show that the apricot pomace extract has an important antioxidant activity with $IC_{50} = 209.12$ mg/ml, but remains low comparing to ascorbic acid which that is more effective with an $IC_{50} = 3,53$ mg/ml.

It was found that the EtOH/2-prpoanol fraction is very rich in total phenols with a value of 1.044 mg EAG/g of extract, thus, the same fraction was also rich in flavonoids with a rate of 0.037 mg EQ/g of extract. Apricot cake extract is composed of numerous naturally occurring organic compounds.

Accordingly, the inhibitive action of ACE could be attributed to the assembling (adsorption) of its components on the steel surface. Owing to the complex chemical composition of the ACE, it is rather difficult to assign the inhibitive effective to a particular constituent.

Table 1. The main anticorrosion and antioxidant compounds of the apricot pomace extract.

		
β -cyclocitral	nerol	3,4,5-trihydroxybenzoic acid
		
3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)	benzaldehyde	5-Methyl-2-(propan-2-yl)phenol

The inhibition effect of apricot cake extract is attributed to the presence of aldehydes and terpene alcohols. The effect of assembly time period on the weight loss rate indicated that extract not only keeps its inhibitive activity for carbon steel under condition of condensation of moisture, but also improves its effectiveness over the long term test due to synergistic influence of the main compounds which offer an additional protection. It can be summarized that compounds of apricot cake extract are able to form a protective layer with significant corrosion protection effect. Thin multimolecular adsorption layer can be formed due to the intermolecular interaction between functional groups various compounds of apricot cake extract or via formation of layer-by-layer self-assembled thin films. Although the self-assembly process takes a long time (several days), they have a potential application in corrosion protection as chemical surface modification.

References

K. Nasr, M. Fedel, K. Essalah, F. Deflorian, N. Souissi, Experimental and theoretical study of *Matricaria recutita* chamomile extract as corrosion inhibitor for steel in neutral chloride media, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, , 65, 3, 2018, 292-309.

Vorobyova, V. A comprehensive study of grape pomace extract and its active components as effective vapour phase corrosion inhibitor of mild steel / V. Vorobyova, O. Chygyrynets' M. Skiba, T. Zhuk, I. Kurmakova, O. Bondar / *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition* / *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2018, 7, no. 2, 185–202.

Vorobyova V. A study pomaces of grapes extract as eco-friendly vapor phase corrosion inhibitor / V. Vorobyova, O. Chygyrynets', M. Skiba, I. Trus, S. Frolenkova // *Chemistry and Chemical Technology*. – 2018. Vol. 12, – №. 3. – C. 410–418

V.I. Vorobyova, M.I. Skiba, A.S. Shakun and S.V. Nahirniak Relationship between the inhibition and antioxidant properties of the plant and biomass wastes extracts – A Review / *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2019, 8, no. 2, 150–178. doi: 10.17675/2305-6894-2019-8-2-1

G.Vasyliiev, V.Vorobiova. Rape grist extract (*Brassica napus*) as a green corrosion inhibitor for water systems. *Materials today. Prosseding*. Volume 6, Part 2, 2019, Pages 178-186.

ВСТАНОВЛЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ ДЛЯ СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Григоренко Ю.Ю. студентка, Тарасов В.Ю. доцент, к.т.н.
Східноукраїнський національний університет імені В.Дала

Технологічні процеси промислових підприємств є великими джерелами забруднення навколишнього природного середовища, охорона якого стоїть в ряді найбільш важливих завдань сьогодення.

У заходах, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, особливе місце займає захист атмосферного повітря від забруднень. На основі наукових і проектних проробок регламентовано гранично допустимий викид забруднюючих речовин для кожного підприємства.

В атмосферному повітрі під дією зовнішніх і внутрішніх факторів постійно протікають гідродинамічні, теплові, електромагнітні, хімічні і фотохімічні процеси, від яких залежать температура, тиск, швидкість переміщення і хімічний склад повітря. Атмосферне повітря ніколи не буває абсолютно чистим. Загальна кількість забруднень, що знаходяться постійно в атмосферному повітрі над планетою, складає приблизно кілька десятків мільйонів тонн, що обумовлено як виробничою діяльністю людини, так і природними процесами, що протікають в природі.

Метою даної роботи є встановлення гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднюючих речовин від стаціонарного джерела – теплової електростанції.

Гранично допустимий викид (ГДВ) - науково-технічний норматив, встановлений при умові, що вміст забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери від джерела або їх сукупності, з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств, не перевищував би нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря: гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі для людей і об'єктів навколишнього природного середовища [1].

Методи прогнозування рівнів забруднення повітря покладені в основу методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств (методика ОНД-86). Саме у пункті 8 ОНД-86 описані норми щодо встановлення гранично допустимих викидів.

Основним критерієм якості атмосферного повітря при встановленні ГДВ для джерел забруднення атмосфери є гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, затверджені Міністерством охорони здоров'я. Зони впливу для джерел і підприємств розраховуються окремо по кожній забруднюючій речовині і комбінації речовин з підсумковою шкідливою дією. [3].

В даному випадку джерелом забруднення є уявлена (теоретична) тепла електростанція, яка викидає в атмосферу $M_1 = 15$ т/рік (4 166,7 г/с) діоксиду сірки та $M_2 = 2$ т/рік (555,6 г/с) діоксиду азоту.

Діоксид сірки та діоксид азоту викликають сенсорні, функціональні та патологічні ефекти у людей. Негативний біологічний вплив NO_2 і SO_2 на рослини проявляється в знебарвленні листя, зів'яненні квіток, припиненні плодоношення і зростання.

Щодо характеристик даного джерела забруднення, то температура газоповітряної суміші T_r дорівнює $123^\circ C$. Висота труби $H = 150$ м, діаметр гирла $D = 5$ м, $m=1,084$; об'ємна витрата газоповітряної суміші $V=196,25$ м³/с; середня швидкість виходу газоповітряної суміші $W_0 = 10$ м/с. Електростанція розташована в Луганській області ($A = 160$). Середня максимальна температура найбільш жаркого місяця року $T_b = 23^\circ C$, $\eta=1$.

Фонові концентрації C_f забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, складають: для SO_2 - $0,1$ мг/м³, для NO_2 - $0,01$ мг/м³; $ГДК_{м.р} SO_2 = 0,5$ мг/м³; $ГДК_{м.р} NO_2 = 0,2$ мг/м³ [4].

Знаходимо значення ГДВ для кожного з речовин, що входять до групи сумації, розраховані з урахуванням відносини маси їх викидів до наведеної [5].

Отже, встановлені гранично допустимі викиди для даного стаціонарного джерела забруднення вказують на те, що вміст забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери без перевищення нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря, а саме гранично допустимих концентрацій цих речовин, повинен складати для діоксиду сірки – 985,2 г/с, а для діоксиду азоту – 131,4 г/с.

Література

1. Законодавство України. Перелік термінів. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/5620>
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 / М.Я. Берлянд, Н.К. Гасилина, Н.А. Глухарев // 1987. – 43 с.
3. Кирсанов Ю.Г. Оценка воздействия выбросов вредных веществ на атмосферный воздух. Учебное пособие / Ю.Г. Кирсанов // 2018. – 76 с.
4. Беспаятов Г.П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г.П. Беспаятов, Ю.А. Кротов // Л.: Химия – 1985. – 528 с.
5. Кирсанов Ю.Г. Оценка воздействия выбросов вредных веществ на атмосферный воздух. Учебное пособие / Ю.Г. Кирсанов // 2018. – 94 с.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Карпюк Л.В., ст. викладач, Андрющенко С.В., студент гр. ОХП-18дм
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вступ. На сучасному етапі розвитку суспільства пред'являються підвищені вимоги до рівня професійної інженерної підготовки, кваліфікації та компетентності працівника. В якості перспективного напрямку підготовки бакалаврів, що відповідає сучасним вимогам, слід розглядати, компетентністний підхід. Метою цього підходу в освіті є формування здатності до самостійної діяльності, а організаційною основою освітнього процесу - навчальна самостійна діяльність.

Нові підходи в системі вищої освіти пов'язані із застосуванням освітніх форм і методів інноваційного характеру, в тому числі таких, де значно підвищується роль самостійної роботи студентів.

Перед вищим навчальним закладом стоїть завдання по формуванню у студента потреби до самоосвіти та самостійної пізнавальної діяльності, формування самостійності мислення, творчої активності, до саморозвитку, самовдосконалення, самореалізації.

Складність формування графічної професійної компетенції полягає: в різноманітті і складності розділів і тим обов'язкового мінімуму змісту основної освітньої програми; незадовільно малому аудиторному навантаженні; недостатній шкільній підготовці з геометрії та креслення. Незнання першокурсниками термінології графічних дисциплін, що не вивчають в школі, погано розвинені просторова уява, образне технічне мислення ускладнюють сприйняття студентами повноцінного смислового значення з навчально-наукової інформації.

Традиційно на першому курсі викладачеві належить активна творча позиція, і в більшості випадків студент повністю залежить від цього. Першокурсника, вчорашнього школяра з низьким рівнем власної підготовки, що не володіє самими елементарними знаннями про створення та відображення геометричних форм, треба навчити самостійній

роботі з навчальними та довідковими посібниками, підвищити його мотивацію до навчання, дати час на адаптацію до умов навчання в вищому навчальному закладі.

Щоб стимулювати підвищення пізнавальної активності студента, викладачеві необхідно враховувати як психологічні особливості кожного студента, його здібності й уміння до самостійної навчально-пізнавальної діяльності, так і створення навчально-методичного комплексу, пов'язаного з новими цілями формування компетентностей.

Студентам пропонується два види самостійної роботи:

- аудиторна;
- позааудиторна.

Аудиторна самостійна робота з дисципліни виконується на навчальних заняттях під безпосереднім керівництвом викладача і за його завданням. У цьому випадку студенти забезпечуються викладачем необхідною навчальною літературою, дидактичним матеріалом, в т.ч. методичними посібниками та методичними розробками.

Позааудиторна самостійна робота виконується студентом за завданням викладача, але без його безпосередньої участі.

З переходом на двохрівневу систему вищої освіти (бакалаврат і магістратура) години на позааудиторну самостійну роботу студентів істотно збільшилися. У зв'язку з цим підхід до самостійної роботи слід переглянути і визнати, що самостійна робота студентів є не просто важливою формою освітнього процесу, а повинна стати його основою.

Основна частина. Також потрібно переглянути методи контролю знань студентів при самостійному підході до вивчення матеріалу. Пропонується програмований метод контролю підготовки студентів до практичних занять, що дозволяє ефективніше використовувати навчальний час.

Особливістю курсу нарисної геометрії є те, що всі теми логічно пов'язані між собою, і засвоєння кожної наступної теми неможливе без знання попередньої. Тому від студента вимагається систематична підготовка до практичних занять. Самостійна робота студентів в семестрі є найважливішим елементом навчального процесу у вищій школі. На першому курсі, коли по більшості дисциплін проводяться практичні заняття, акцент робиться на активізації роботи студентів на аудиторних заняттях і на повноцінній домашній їх самопідготовці до кожного заняття.

Один з вузлових питань підвищення ефективності навчання – контроль знань студентів, тобто контроль самостійної роботи студентів. У зв'язку з цим виникають наступні проблеми: якою має бути частота контролю; які форми контролю є найбільш доцільними.

Для проведення контролю знань нами були розроблені контролюючі картки-тести з чотирьох тем курсу нарисної геометрії з вибіркоким методом відповіді.

На сьогодні розроблені і застосовуються картки-тести до 10 практичних занять:

1. Проеціювання точки.
2. Проеціювання відрізка прямої і визначення натуральної величини відрізка.

Побудова слідів прямої.

3. Приналежність точки площині.
4. Приналежність прямої площині.
5. Лінії рівня в площині.
6. Побудова точки перетину прямої з площиною.
7. Методи перетворення креслення.
8. Приналежність точок і прямих поверхням.
9. Перетин прямої з поверхнею.
10. Перетин тіла площиною особливого положення.

Ці картки-тести містять по одному завданню, яке студенти повинні вирішити за 10 хв на початку практичного заняття. По-перше, це стимулює студентів готуватися до практичних занять вдома, а не протягом, скажімо, першої години занять, по-друге, такий контроль дозволяє своєчасно виявити помилки і оперативно усунути їх в ході занять. Таким чином, викладач з'ясовує рівень засвоєння студентами теоретичного матеріалу та вміння його застосовувати при вирішенні завдань.

Студенти виконують графічне рішення задачі на бланках карток, їм виставляється оцінка. У разі отримання негативної оцінки студент відпрацьовує дане завдання на найближчій консультації.

Висновок. Застосовуючи цей вид контролю, ми зробили висновки:

- 1) контроль знань студентів слід здійснювати на кожному практичному занятті;
- 2) переважаючою відповіддю повинна бути конструйована (графічна), а не вибіркова.

У підсумку на найпростіших завданнях студенти вчаться вирішувати комплексні завдання. Уміння виконувати комплексні (змішані) завдання перевіряється на контрольних роботах та при виконанні індивідуальних завдань.

Застосування карток-тестів самостійної роботи виробляє у студентів потребу систематично готуватися до кожного практичного заняття, розвиває інтерес до вивчаємої дисципліни.

Такий поточний контроль в поєднанні з традиційним методом навчання значно підвищує ефективність навчального процесу і дає можливість забезпечити систематичну роботу студентів.

АНАЛІЗ ПОМИЛОК СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ РОБІТ

Карпюк Л.В., ст. викладач, Хмеленко Б.Ю., студент гр.ГМ-17да

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вступ. Викладачам вищої школи технічних спеціальностей доводиться переглядати згідно зі стандартами курсові та дипломні проекти студентів з метою виявлення і систематизації графічних помилок студентів. Підсумки такого перегляду повинні бути предметом обговорення в колективі викладачів.

Всі стандарти розділені на чотири групи. Перша група стандартів вивчається в курсі «Інженерна графіка» – це правила виконання креслень, формати, масштаби, лінії, шрифти, зображення, нанесення розмірів, різьблення (зображення), аксонометрія. Інші групи стандартів вивчаються в курсах «Деталі машин», «Теорія машин та механізмів», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Підйомно-транспортні системи» тощо. Контроль відповідності конструкторської документації дипломних проектів вимогам ЄСКД здійснюється викладачами, призначеними завідувачами випускаючих кафедр. На кожному листі дипломного проекту повинен бути підпис нормоконтролера.

Основи якості майбутнього виробу закладаються в кресленні. Всім відомо, як багато клопоту і матеріальних втрат може викликати недбала робота конструктора. Тому будь-яка робота студента оцінюється не тільки за хорошими і правильними ідеями, закладеними в проект (це, звичайно, головне), але і по тому, як він переклав їх на мову техніки, мову креслення.

Основна частина. Аналіз помилок, які найчастіше допускають студенти при виконанні графічних робіт з креслення, в курсовому і дипломному проектах, допомагає будувати методику викладання таких дисциплін. Пропонується розглянути за групами помилки студентів що зустрічаються найчастіше.

Типові помилки при виконанні складальних креслень і креслень загальних видів.

1. Непрацездатні конструкції.

2. Студенти в більшості випадків застосовують тільки радіальні підшипники. Не враховують все навантаження на підшипник і не беруть до уваги те, що підшипники, які сприймають радіальне навантаження, не повинні обмежувати переміщення вала в осьовому напрямку, а підшипники, які сприймають осьове навантаження, не повинні обмежувати можливість радіальних переміщень.

3. Нераціонально проектують систему змащення (шляхом шприцювання незліченною кількістю маслянок), тобто намагаються забезпечити тільки конструктивну надійність, а про експлуатаційну забувають. Не застосовують централізованого змащування.

4. Не враховуються зручності складання і розробки виробів: часто немає рим-болтів, ненадійна фіксація кріплення, гайки проектують в таких місцях, куди неможливо підібратися з ключем.

5. Як правило, не стопорять втулки підшипників ковзання.

6. Не завжди застосовують сегментні шпонки (замість призматичних), які і в механічній обробці простіше і для сборщика зручніше.

7. Дуже велике число помилок зустрічається при конструюванні литих деталей - товщина стінок часто неоднакова, немає ливарних ухилів, не обумовлені радіуси галтелей, округлень. Часто ці деталі зручніше було б отримати штампуванням, зварюванням замість лиття.

8. Не враховуються норми технічної естетики і художнього конструювання.

9. Не опрацьовуються питання стандартизації та уніфікації.

Помилки в оформленні креслень.

1. Підбирають неправильні формати для креслень.

2. Неправильно, не за призначенням використовують ті чи інші типи ліній.

3. Написи виконують нестандартним шрифтом.

4. Найчастіше в дипломних і курсових проектах присутні зайві зображення, наприклад для деталей обертання дають два, а то і три зображення, що абсолютно зайве.

5. Студенти не використовують умовності і спрощення в складальних кресленнях, наприклад: креслять багаторазово елементи, що повторюються, такі, як отвори, показують фаски, проточки, канавки, округлення.

Спостерігається й інша крайність. Виконуючи креслення деталі згідно складального креслення, студенти не показують цих елементів, тобто спрощення зі складального креслення переносять на креслення деталі.

6. Часто зображують центрові отвори з усіма розмірами, що суперечить ДСТУ ISO 2540:2018.

7. Поміщають на кресленнях технологічні вказівки.

Помилки при простановці розмірів.

1. Дуже часто розміри проставляють, не враховуючи технології виготовлення або складання виробу, ставлять розміри, які неможливо проконтролювати.

2. Повторюють одні й ті ж розміри на різних видах.

3. Дублюють загальним розміром замкнуті ланцюжки розмірів.

4. Іноді студенти на кресленнях загальних видів і складальних не ставлять розмірів взагалі, а дають одні картинки, хоча за ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 тут повинні бути присутніми і габаритні розміри, і приєднувальні, і ряд інших розмірів. Рідко дають розміри граничних положень рухомих частин і рукояток - в кращому випадку дають зображення їх в крайніх положеннях.

Найбільш поширені помилки при простановці розмірів: проставляють розміри від ліній невидимого контуру, включають в розмірний ланцюг розміри на проточки, фаски, канавки; неправильно проставляють розмірні числа лінійних і кутових розмірів при

різних нахилах розмірних ліній; знак шорсткості і розмір, що визначає дану поверхню, ставлять на різних проекціях.

При нанесенні розмірів часто забувають переваги і недоліки методів нанесення розмірів: ланцюгового, координатного і комбінованого. Студенти часто не вміють правильно вибирати бази, від яких проставляють розміри, і таким чином намагаються домогтися збігу технологічної та конструкторської баз. У переважній більшості студенти-дипломники не вміють користуватися довідковими розмірами; не вміють проставляти шорсткість поверхонь і відхилення від форми поверхні.

Висновок. Наведемо причини перерахованих помилок.

1. Недостатньо чітке завдання на проект.
2. Недостатнє опрацювання літератури за проектом.
3. Відсутність необхідного контролю за дотриманням стандартів.
4. Помилки в розрахунках.
5. Відсутність належної уваги до питань експлуатації, обслуговування і ремонту машин та доступу до різних систем, місць регулювання і змащення.
6. Помилки через недосвідченість, неухважність, квапливість, невміння користуватися довідниками.

Знання, вміння і навички в технічному кресленні повинні розвиватися упродовж всього навчання студента у вищому навчальному закладі. Досвід показує, що ретельний розбір типових графічних помилок перед видачею студентам завдань на курсові та дипломні роботи дозволяє зменшити число помилок і підняти рівень графічної підготовки майбутніх інженерів.

ІНТЕРАКТИВНІ ДІАГРАМИ ЯК ЗРУЧНИЙ СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ДАНИХ

Калініна В. Ю., Шляхова Т. В. к. ф.-м. н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

Одним з кращих способів донесення потрібної інформації є візуалізація даних, яка відразу ж привертає увагу до її ключових моментів. За допомогою візуалізації даних можна вивести закономірності і зробити спостереження, які не такі очевидні при розгляді звичайної статистики.

Таблиця і графік – відмінний спосіб зробити дані наочними. Але їх можна зробити і ще краще, якщо перетворити статичну картинку на динамічну.

Якісна візуалізація великого об'єму інформації це майже завжди нетривіальне завдання, оскільки відображення усіх даних часто призводить до перевантаженості діаграми, у результаті, до неправильного їх сприйняття.

Будувати графік по всій таблиці не найкраща ідея. Рішенням проблеми у подібній ситуації може стати створення інтерактивної (динамічної) діаграми, яку користувач може сам підлаштовувати під себе і конкретну ситуацію.

Інтерактивність – необхідна якість діаграми як робочого інструменту. За допомогою ряду прийомів можна міняти її розміри, додавати або видаляти ряди даних. Тобто інтерактивна діаграма дозволяє відображати дані поетапно.

У даній роботі розглядається методика застосування динамічних діаграм в Excel для графічного аналізу ситуації з продажу товарів, обсяги яких фіксувались щоденно протягом року. В кінцевому результаті було отримано велику кількість даних (Рис.1.).

Візуалізувати великі об'єми даних дуже непросто. Іноді потрібно побачити загальну картину за увесь період спостережень, іноді за конкретний період часу. Якщо перебирати всі варіанти, то кількість варіантів графіків швидко почне рости і в них швидко можна загубитись і заплутатись.

Дата	Товар1	Товар2
01.01.2018	185,41	330,15
02.01.2018	183,14	319,75
03.01.2018	181,24	315,07
04.01.2018	179,63	325,26
05.01.2018	179,33	328,3
27.12.2018	302,63	314,92
28.12.2018	296,62	309,82
29.12.2018	291,96	426,07
30.12.2018	288,24	367,67
31.12.2018	185,41	339,00

Рисунок-1. Обсяги продажів товарів

В даній роботі було поставлено завдання автоматизувати процес візуалізації даних з використанням інтерактивної діаграми, яка б відображала динаміку продажів товарів на тимчасовій шкалі.

Щоб зробити діаграму гнучкою було використано динамічні іменовані діапазони. Для створення таких діапазонів було використано функцію СМЕЩ(OFFSET). Це дозволило створити зручний інтерфейс користувача, підключивши такі елементи управління, як *смугу прокрутки*, *лічильник* та *перемикачі* з панелі інструментів Форми. Зв'язавши динамічні іменовані діапазони з призначеними для користувача елементами управління, дозволило змінювати діаграму за допомогою елементів управління, які одночасно оновлюють дані, що виводяться на діаграму (Рис. 2.).

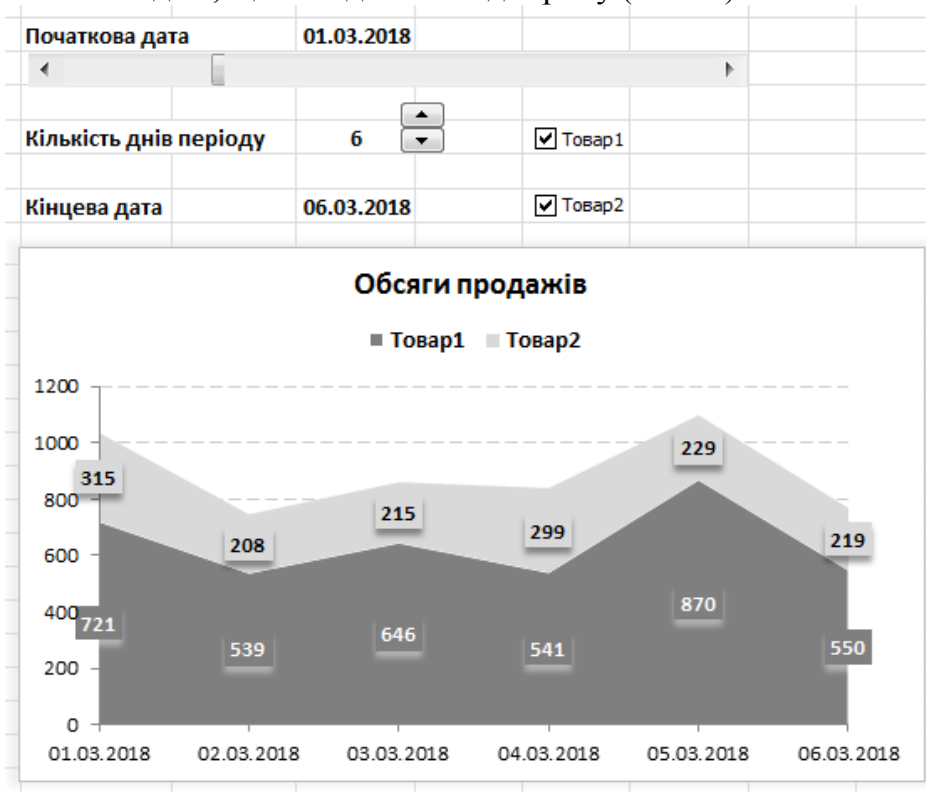


Рисунок-2. Інтерактивна діаграма, що відображає обсяги продажів за вибраний період

Працюючи з даною діаграмою, користувач може використати повзунок смуги прокрутки або кнопки лічильника для переміщення по елементах даних. Наприклад, можна переглядати обсяги продажів, починаючи з вибраної дати на смугі прокрутки (01.03.2018) і впродовж певної кількості днів (6), вибраної кнопками лічильника. Перемикачами можна включати-виключати показ даних Товар1 чи Товар2. Це дозволяє

представляти дані таким чином, щоб їх було легко зрозуміти, а також більше сфокусувати на кожному етапі.

Освоєння методів побудови динамічних діаграм при вивченні табличного процесора Excel не лише готує студентів до професійної діяльності, але і підвищує рівень їх інформаційної компетентності, а також розвиває творчу уяву і активізує пізнавальну діяльність.

Література

1. <https://www.planetaexcel.ru/techniques/4/42/>
2. <http://www.excel-vba.ru/chto-umeet-excel/dinamicheskaya-diagramma/>
3. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/11/226.pdf>

АПРОКСИМАЦІЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MS EXCEL

Романченко Ю. А., Мелконова І. В., Агафонов А. О., Капустін В. А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є огляд можливостей програмного середовища MS Excel для вирішення завдань апроксимації при моделюванні електромеханічних пристроїв.

У процесі математичного моделювання електромеханічних пристроїв доводиться обчислювати значення функцій, що входять в математичний опис моделі. Для складних моделей такі розрахунки можуть виявитися трудомісткими навіть при використанні ЕОМ. Також в математичних моделях часто використовуються функціональні залежності, аналітичні вирази для яких невідомі.

На практиці при моделюванні різних процесів широко використовуються ті чи інші способи обчислення наближених значень функцій за відомими їх значенням в деяких фіксованих точках. Основний недолік табличного завдання функціональних залежностей в порівнянні з аналітичним – відсутність інформації про значення функції в проміжних точках. Це можна віднести до всіх залежностей, які мають дискретний характер [1].

Також завдання наближення функцій часто виникають [2]:

- при побудові наближених формул для обчислення значень характерних величин досліджуваного процесу з табличних даних, отриманих в результаті експерименту;
- при чисельному інтегруванні, диференціюванні, вирішенні диференціальних рівнянь тощо;
- при необхідності обчислення значень функцій в проміжних точках розглянутого інтервалу;
- при визначенні значень характерних величин процесу за межами даного інтервалу, зокрема при прогнозуванні.

Якщо для моделювання деякого процесу, заданого таблицею, побудувати функцію, яка наближено описує даний процес на основі методу найменших квадратів, вона буде називатися апроксимуючою (від латинського *approximo* – наближаюсь) функцією (регресією), а сама задача побудови апроксимуючих функцій – завданням апроксимації.

Для вирішення такого роду завдань використовуються можливості пакета MS Excel.

Для таблиці даних, що описують певний процес і представлених діаграмою, в Excel є ефективний інструмент регресійного аналізу, що дозволяє [3]:

- будувати на основі методу найменших квадратів і додавати в діаграму п'ять типів регресій, які з тим або іншим ступенем точності моделюють досліджуваний процес;
- додавати до діаграми рівняння побудованої регресії;
- визначати ступінь відповідності обраної регресії даним, які відображаються на діаграмі.

На основі даних діаграми Excel дозволяє отримувати лінійний, поліноміальний,

логарифмічний, степеневий, експоненціальний типи регресій, які задаються рівнянням [1]:

$$y = y(x),$$

де x – незалежна змінна, яка часто приймає значення послідовності натурального ряду чисел (1; 2; 3; ...).

1. Лінійна регресія застосовується при моделюванні характеристик, значення яких збільшуються або зменшуються з постійною швидкістю. Це найбільш проста в побудові модель досліджуваного процесу. Вона будується відповідно до рівняння:

$$y = mx + b,$$

де m – тангенс кута нахилу лінійної регресії до осі абсцис; b – координата точки перетину лінійної регресії з віссю ординат.

2. Поліноміальна лінія тренда корисна для опису характеристик, що мають кілька яскраво виражених екстремумів (максимумів і мінімумів). Вибір ступеня полінома визначається кількістю екстремумів досліджуваної характеристики. Так, поліном другого ступеня може добре описати процес, що має тільки один максимум або мінімум; поліном третього ступеня – не більше двох екстремумів; поліном четвертого ступеня – не більше трьох екстремумів тощо.

У цьому випадку лінія тренда будується відповідно до рівняння:

$$y = c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + c_4x^4 + c_5x^5 + c_6x^6,$$

де коефіцієнти $c_0, c_1, c_2, \dots, c_6$ – константи, значення яких визначаються в ході побудови.

3. Логарифмічна лінія тренда з успіхом застосовується при моделюванні характеристик, значення яких спочатку швидко міняються, а потім поступово стабілізуються.

Будується відповідно до рівняння:

$$y = c \cdot \ln(x) + b,$$

де коефіцієнти b, c – константи.

4. Степенева лінія тренда дає гарні результати, якщо значення досліджуваної залежності характеризуються постійною зміною швидкості росту. Якщо серед даних зустрічаються нульові або від'ємні значення, використовувати степеневу лінію тренда неможна.

Будується відповідно до рівняння:

$$y = c \cdot x^b,$$

де коефіцієнти b, c – константи.

5. Експоненціальну лінію тренда слід використовувати в тому випадку, якщо швидкість зміни даних безупинно зростає. Для даних, що містять нульові або від'ємні значення, цей вид наближення також непридатний.

Будується відповідно до рівняння:

$$y = c \cdot e^{bx}$$

де коефіцієнти b, c – константи.

При підборі лінії тренда [1] Excel автоматично розраховує значення коефіцієнту детермінації R^2 . Коефіцієнт детермінації R^2 показує, на скільки відсотків ($R^2_{max}=100\%$) знайдена функція регресії описує зв'язок між вихідними значеннями y та x . За високого значення коефіцієнта детермінації ($R^2 \geq 75\%$) можна робити прогноз $y^* = f(x^*)$ для конкретного значення x^* у межах діапазону вихідних даних. Під час прогнозування значень, що не входять до діапазону вихідних даних, справедливості отриманої моделі гарантувати не можна. Це пояснюється тим, що може проявитися вплив нових факторів, які модель не враховують.

При необхідності значення R^2 завжди можна відобразити на діаграмі.

Висновок. Програмне середовище MS Excel дозволяє індивідуально підбирати для кожної змінної такий тип апроксимуючої функції, при якому забезпечується мінімальне

значення величин чисельного відхилення, і при цьому не порушується фізичний зміст даного об'єкту або процесу.

Література

1. Пашенко И.Г. Excel. Шаг за шагом. М.: Эксмо, 2007. 352 с.
2. Каленчук-Порханова А.А., Вакал Л.П. Пакет программ аппроксимации функций // Компьютерные средства, сети и системы. 2008. № 7. С. 32-37.
3. Горожанкин С.А., Шитов А.А., Савенков Н.В. Методики для аппроксимации зависимостей нескольких переменных в программной среде MS Excel и Mathcad // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2016. №3 (247). С. 35-47.

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Біловол Є.О. ст. гр. АТ-16д, Кузьменко С.В. к.т.н., доц., Сергієнко О.В. к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Автомобільний транспорт є однією з найбільш важливих базових галузей економіки України, що забезпечує її внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки і потреби населення у перевезеннях. Його діяльність, як частини єдиної транспортної системи країни, сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей суспільного виробництва, соціальному і економічному розвитку та міжнародному співробітництву України.

Основними вимогами до автомобільної транспортної системи є її надійність і безпека [1]. Однак у засобах масової інформації з певною періодичністю з'являються відомості про пригоди на автомобільному транспорті, які тягнуть за собою часом чималі втрати, особливо, якщо вони стосуються людського життя. Згідно даних Міністерства інфраструктури України за шість років (2011-2016 роки) в Україні зареєстровано близько 170,8 тис. дорожньо-транспортних пригод з постраждалими, у яких загинуло 26,7 тис. та травмовано 210,4 тис. осіб, у тому числі 1,4 тис. дітей віком до 18 років, а дорожньо-транспортні пригоди в Україні є першою за поширеністю причиною смерті молоді віком від 15 до 24 років та другою за поширеністю причиною смерті дітей віком від 5 до 14 років [2]. Тому проблема забезпечення і управління безпекою перевезень на автомобільному транспорті є однією з найбільш актуальних в транспортній галузі.

Метою даної роботи є розгляд факторів, що впливають на безпеку перевезень і формування вимог до автоматизованої системи безпеки автомобільного транспорту, що дозволяє забезпечити її найбільшу ефективність.

Фактори, що впливають на безпеку автомобільного транспорту умовно можна розділити на три групи (рис.1): технічні (технологічні), «людські» та надзвичайні ситуації.

Вплив цих факторів на рух автомобіля переводять його в одне з небезпечних станів, в результаті яких виникають вражаючі фактори, що створюють загрозу для життя і здоров'я пасажирів, населення, для цілісності вантажів і об'єктів зовнішнього середовища.

Таким чином, у зв'язку зі збільшенням кількості транспортних засобів та зростанням інтенсивності дорожнього руху, а також з метою підвищення надійності функціонування автомобільного транспорту, перспективним напрямком забезпечення безпеки є створення автоматизованої системи безпеки, яка б мала наступні характеристики:

1. Загальна система безпеки повинна пов'язувати існуючі системи автоматизованого керування транспортним засобом з системами управління і контролю інфраструктурою транспортних шляхів. Крім того, при розробці системи повинні враховуватися особливі вимоги по надійності та функціональній безпеці, зокрема - програмного забезпечення.

2. Система повинна створюватися на базі обчислювальних систем з відкритою архітектурою і єдиної шиною обміну даними, щоб мати можливість удосконалювати як систему в цілому, так і окремі модулі, що входять в систему.

3. Модулі і мікропроцесорні системи, що використовуються, повинні бути ув'язані в рамках єдиного комплексу, що дозволило б мати єдину базу даних з єдиними принципами її формування.

4. Велике значення для ефективного використання мікропроцесорних систем має централізоване опрацювання інформації, оскільки вона дозволяє зіставляти дані, що надходять від послідовно розташованих контрольних пунктів, і прогнозувати розвиток небезпечних дефектів.

5. При розробці системи необхідно передбачити наявність дублюючих систем електроживлення і передачі даних, які б забезпечували функціонування пристроїв, що входять в систему, в разі обриву центральних систем електропостачання та кабельних систем, а також для взаємоконтролю в разі будь-яких перешкод.

6. Розвиток міжнародного співробітництва, зокрема з європейськими державами, крім забезпечення необхідного рівня безпеки, передбачає гармонізацію використовуваного обладнання до європейських стандартів.

7. Зведення до мінімуму «людського» чинника.

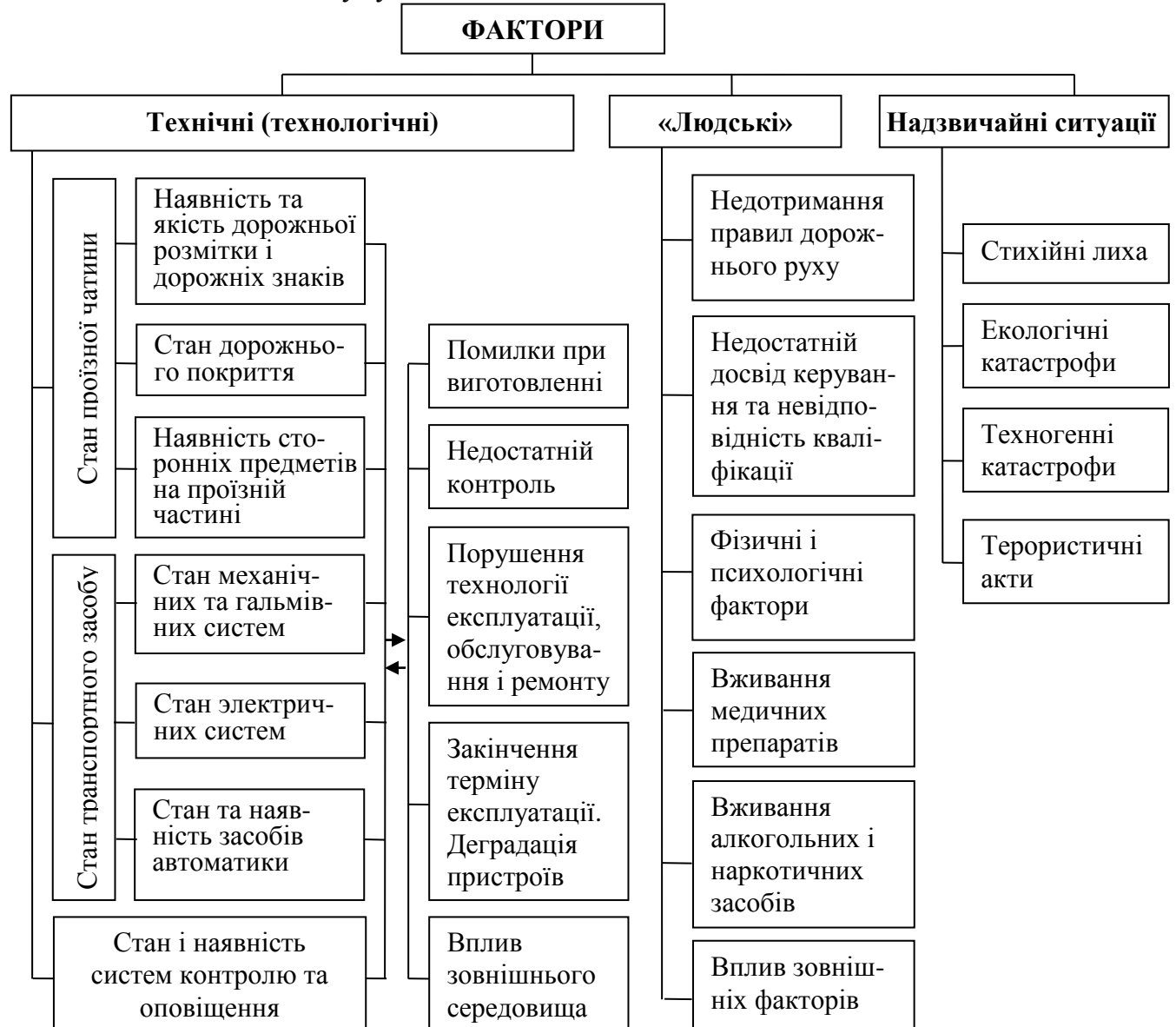


Рисунок 1 – Фактори, що впливають на безпеку автомобільного транспорту

Висновок: На основі проведеного аналізу основних факторів, що впливають на безпеку функціонування автомобільного транспорту, розроблено вимоги до автоматизованої системи безпеки, яка б значно підвищила ефективність використання автомобільної транспортної мережі в Україні та за її межами.

Література

1. Анісімова Т.І. Безпека автомобільного транспорту в Україні / Т.І. Анісімова, М.А. Касьянов // ВІСНИК СНУ ім. В. Даля. – 2015. – № 1 (218). – С 90 – 95.
2. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р. № 481-р // Офіційний вісник України, 2017 р., № 59, ст. 1808. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80> (дата звернення: 27.03.2019).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКАТОРІВ НА МІКРОСТРУКТУРУ ФРИКЦІЙНИХ СІРИХ ЧАВУНІВ З АУСТЕНІТНОЮ МАТРИЦЕЮ

Краснянський М.О., ст. гр. ІМ-151, Маслов С.Ю., ст. гр. ІМ-151,

Шевченко О.В. к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Гальмування та фрикційний знос в умовах сухого тертя являють собою специфічні нестационарні процеси, які супроводжуються суттєвими структурними змінами в поверхневих шарах деталей, що контактують між собою. Для виготовлення фрикційних елементів, що працюють в умовах короткочасного локального підвищення температури до 700°C, широко використовуються сірі чавуни [1, 2].

Аналіз сучасних підходів до вибору системи легування та мікролегування сірих фрикційних чавунів дозволяє зробити наступні висновки [3, 4]:

1. Максимальною тріщиностійкістю та теплостійкістю в умовах сухого тертя при періодичному підвищенні температури у зоні тертя до 250 - 500°C володіють сірі чавуни, в яких вміст фосфору не перевищує 0,15 - 0,2 мас. %.

2. Ефективним заміником фосфору в сірих фрикційних чавунах є бор. Оптимальна концентрація бору складає 0,3 - 0,35 мас. %.

3. У виливках невеликого розміру або невеликої товщини для запобігання утворенню вторинних та евтектичних карбідів, а також великої кількості фериту слід використовувати чавуни, модифіковані рідкоземельними металами.

4. При підвищених температурах у зоні тертя найбільш оптимальними структурами металеві основи сірих фрикційних чавунів є зернистий перліт та марганцевий аустеніт.

У роботі було досліджено вплив модифікаторів на мікроструктуру аустенітних сірих чавунів. Хімічний склад чавунів змінювався у наступних межах: 3,2 - 3,8 мас. % С; 9 - 12 мас. % Mn; 2,5 - 3,5 мас. % Al; 1,7 - 1,9 мас. % Si. Цілеспрямовано варіювались концентрації вуглецю, марганцю та алюмінію. Концентрація кремнію у всіх зразках залишалась на постійному рівні – 1,7 - 1,9 мас. %. Для модифікування чавунів використовувались два типи лігатур: силіко - кальцієва лігатура *CiimMiu-1* та комплексна лігатура *ЦИСМ* системи Si-Ca-Ba-Ce.

Дані щодо впливу вмісту модифікаторів на кількість цементиту в чавуні наведено на рис. 1. Оптимальний вміст силіко - кальцієвого модифікатора *CiimMiu-1* (Si-Ca) складає 0,05 - 0,1 %, комплексного модифікатора *ЦИСМ* (Si-Ca-Ba-Ce) – 0,03 - 0,05 %. При такій концентрації модифікаторів вміст вторинного цементиту в чавуні складає 2 - 4 %, ледебурит – відсутній (рис. 1). Комплексна лігатура *ЦИСМ* забезпечує більш інтенсивну графітизацію чавуна, ніж лігатура *CiimMiu-1*.

Вуглець та алюміній у складі чавуна підвищують швидкість його графітизації та сприяють зменшенню вмісту цементиту (рис. 2, 3). При вмісті в чавуні лігатури *ЦИСМ*

0,03 мас. % збільшення концентрації вуглецю з 3,2 до 3,8 мас. % призводить до зменшення кількості цементиту з 6 % до 2 %.

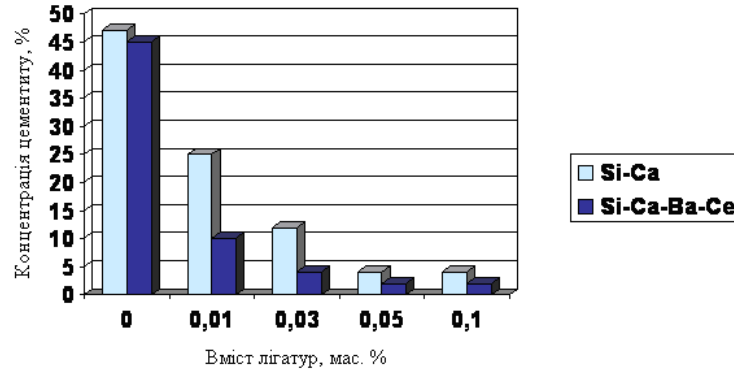


Рис. 1. Вплив вмісту модифікаторів на концентрацію цементиту в чавуні

В чавуні, що містить 0,05 мас. % лігатури ЦИСМ, при збільшенні концентрації вуглецю з 3,2 до 3,8 мас. % кількість цементиту зменшується з 4 до 1 % (рис. 2, 3).

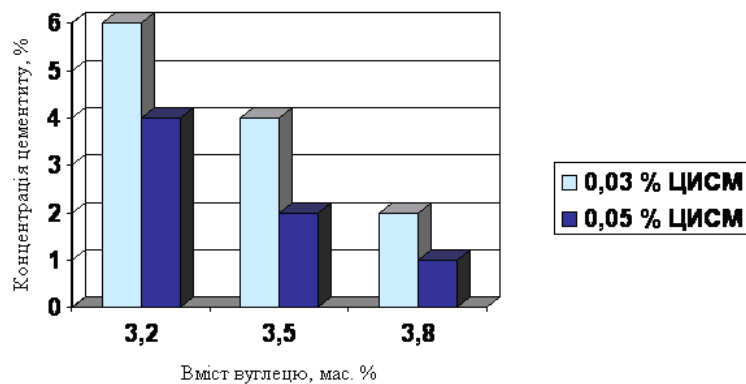


Рис. 2. Вплив вмісту вуглецю на концентрацію цементиту в чавуні, модифікованому лігатурою ЦИСМ (Si-Ca-Ba-Ce)

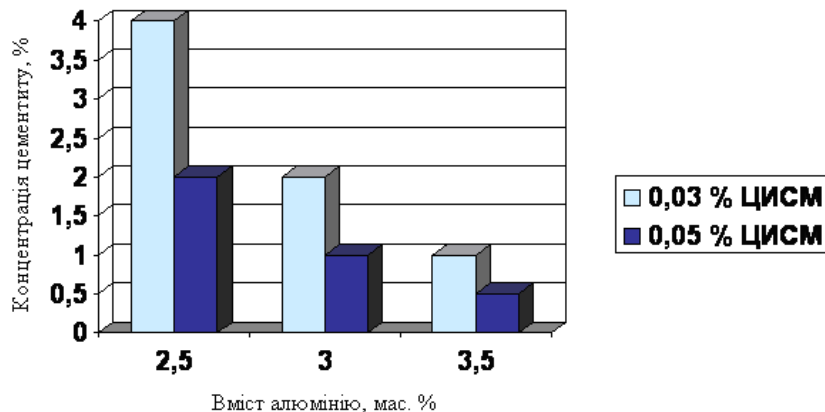


Рис. 3. Вплив вмісту алюмінію на концентрацію цементиту в чавуні, модифікованому лігатурою ЦИСМ (Si-Ca-Ba-Ce)

Висновки: 1. Встановлено оптимальні концентрації модифікаторів, при яких досягається максимальна ступінь графітизації чавунів. Оптимальний вміст силіко - кальцієвого модифікатора *СііmМіи-1* складає 0,05 - 0,1 %, комплексного модифікатора ЦИСМ системи Si-Ca-Ba-Ce – 0,03 - 0,05 %.

2. Фрикційні чавуни найбільш доцільно модифікувати комплексною лігатурою ЦИСМ системи Si-Ca-Ba-Ce, котра не тільки прискорює процес графітизації чавуна, але і подрібнює графітну фазу (перш за все графітну евтектику).

Література

1. Зеленко И.С., Матюшин Е.А. Фрикционные чугуны. – М.: Машиностроение, 2010. – 189с.
2. Марукович Е.И., Карпенко М.И. Износостойкие сплавы. – М.: Машиностроение, 2005. – 428с.
3. Кузнецов О.П., Махненко Р.С. Сплавы для работы в экстремальных условиях трения. – К.: Наук. думка, 1991. – 267с.
4. Пархоменко В.Н., Дронов Л.М. Легирование и микролегирование износостойких чугунов. – М.: Металлургия, 1990. – 282с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ФРИКЦІЙНОГО СІРОГО ЧАВУНУ

Подройко Є.О., ст. гр. ІМ-151, Загорський Д.В., ст. гр. ІМ-151, Сергієнко О.В. доцент
 Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

У роботі досліджено вплив поверхневої електронно-променевої обробки на зносостійкість аустенітного чавуну у трибосполученні з контртілом із загартованої сталі 45 в умовах сухого тертя. Хімічний склад чавуна: 3,2 - 3,8 % С; 9 - 12 % Мп; 2,5 - 3,5 % Аl.

Відомо, що електронно-променева обробка може здійснюватись з оплавленням оброблюваної поверхні і без нього. Найбільший інтерес представляє варіант обробки з оплавленням, при якому розширюються можливості керування структурою металу. Оплавлення може виконуватись по усій поверхні і у вигляді окремих ділянок, розділених необробленими зонами матеріалу. Очевидно, кращим варіантом є технологія локальної обробки з одержанням вузьких і відносно глибоких зон розплавлення [1-3].

Відповідно до принципу Шарпі трибологічні властивості матеріалів повинні істотно покращитись при локальній ЕПО з оплавленням при формуванні дрібнозернистої структури, що сприяє одержанню більш високих експлуатаційних властивостей матеріалів [4].

Випробовуваний економнолегований марганцевий аустенітний чавун з пластинчастим графітом призначений для виготовлення гальмівних колодок тепловозів та електровозів (структура литого чавуну – аустеніт + графіт). Він задовільно обробляється різанням і добре зварюється.

Триботехнічні випробування проводились на машині тертя СМЦ-2 за схемою ролик (сталь 45, НРС 45-48) - колодка (аустенітний чавун) (рис. 1). Випробування на зносостійкість проводились в умовах сухого тертя при навантаженні $P = 250\text{Н}$ і швидкості обертання ролика 300 об./хв. Кожне випробування дублювалось 3 рази (3 зразки на одне випробування). Тривалість кожного випробування – три хвилини. Після кожного випробування визначалась втрата маси ролика і колодки. Площа поверхні тертя становила $1,4\text{ см}^2$. Електронно-променева обробка складалась у локальному оплавленні поверхні тертя колодок у вигляді ліній, що відстоять друг від друга на відстані 1 мм. Ширина зони розплавлення становила 1,2 - 1,5 мм, глибина – 0,8 - 1,0 мм (рис. 1).

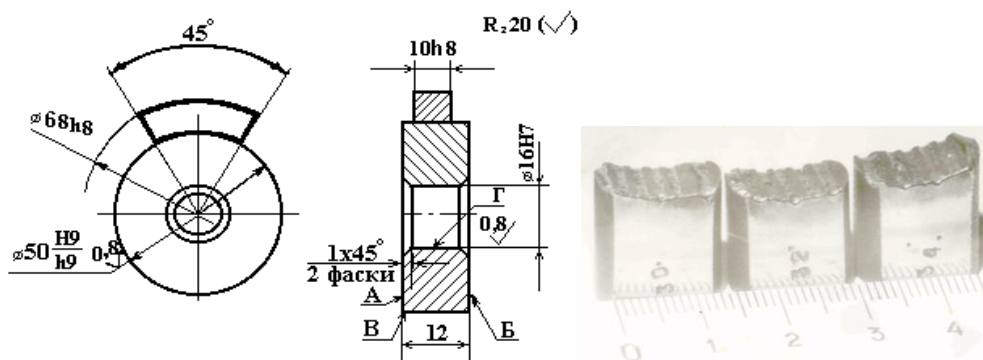


Рисунок 1 – Конструкція зразків для триботехнічних випробувань

Проведення досліджень виконувалось з використанням методики повного факторного експерименту 2^3 [5]. Експеримент складався з 8 дослідів (табл. 1). У кожному досліді випробовувались зразки різного хімічного складу. Кожний дослід дублювався три рази.

Таблиця 1 – Матриця плану повного факторного експерименту

Фактор, що варіюється		Al, %	Mn, %	C, %	Середня питома втрата маси ΔM , г/см ²	
Основний рівень		3,0	10,5	3,5		
Інтервал варіювання		0,5	1,5	0,3		
Верхній рівень		3,5	12,0	3,8		
Нижній рівень		2,5	9,0	3,2		
№ зразка	X_0	X_1	X_2	X_3	Без оплавлення	З оплавленням
1	+1	-1 (2,5)	-1 (9,0)	-1(3,2)	0,857	0,383
2	+1	+1 (3,5)	-1 (9,0)	-1 (3,2)	0,617	0,281
3	+1	-1 (2,5)	+1 (12)	-1 (3,2)	0,461	0,232
4	+1	+1 (3,5)	+1 (12)	-1 (3,2)	0,561	0,297
5	+1	-1 (2,5)	-1 (9,0)	+1 (3,8)	1,263	0,078
6	+1	+1 (3,5)	-1 (9,0)	+1 (3,8)	1,394	0,131
7	+1	-1 (2,5)	+1 (12)	+1 (3,8)	1,183	0,059
8	+1	+1 (3,5)	+1 (12)	+1 (3,8)	1,46	0,084

Хімічний склад чавуну по різному впливає на його зносостійкість залежно від обробки. У вихідній литому чавуні підвищення вмісту вуглецю вище 3,2 % негативно позначається на його зносостійкості. Максимальну зносостійкість має чавун, що містить 2,5 % Al; 12 % Mn; 3,2 % C (питома втрата маси – 0,461 г/см²). Після електронно-променевої обробки з поверхневим оплавленням максимальна зносостійкість досягається в чавуні, що містить вуглець по верхньому рівню – 3,8 %. Максимальну зносостійкість має чавун, що містить 2,5 % Al; 12 % Mn; 3,8 % C (питома втрата маси – 0,061 г/см²). Звертає на себе увагу той факт, що зносостійкість термічно обробленого чавуну істотно перевищує зносостійкість литого нетермообробленого чавуну. Причини такої різниці у зносостійкості обробленого та необробленого чавунів стануть об'єктом подальших досліджень.

Висновки: 1. Експериментально оптимізовано хімічний склад фрикційних аустенітних марганцевих чавунів з використанням методики повного факторного експерименту 2^3 ; параметр оптимізації – питома втрата маси зразків. Показано, що для литих нетермооброблених чавунів оптимальний вміст вуглецю складає 3,0 - 3,2 %, для чавунів після поверхневої обробки з локальним оплавленням – 3,8 %.

2. Експериментально доведено, що зміна вмісту алюмінію в чавуні від 2,5 до 3,5 % не призводить до суттєвої зміни зносостійкості чавуна. Отже, недоцільно збільшувати концентрацію алюмінію в чавуні більше 2,5 %. Оптимальна концентрація марганцю в чавуні, при якій досягається мінімальна інтенсивність його зношування, складає 12 %.

Література

1. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора. – М.: Машиностроение, 1991. – 496с.
2. Шиллер З. Электронно - лучевая технология: Пер. с нем. / З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. – М.: Энергия, 1991. – 528с.
3. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера / Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Черненко В.С. – Киев: Техника, 2006. – 192с.

4. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – К.: Наук. думка, 1970. – 396с.

5. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение. – 2010. – 304с.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗАННЯ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сергієнко А.П. ст. ОХП-18дм, Міронов М.Р. Шевченко О.В. к.т.н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Одним з найважливіших завдань сучасного машинобудування є пошук ефективних методів чистової обробки різних важкооброблюваних матеріалів, що мають низьку теплопровідність, таких як титанові сплави і високомарганцеві сталі. Підвищення ефективності обробки цих матеріалів із забезпеченням необхідних параметрів точності і якості оброблюваних деталей можливо лише за умови створення ріжучих інструментів, здатних забезпечувати задану надійність і регламентований період стійкості [1].

На сьогоднішній день великі переваги при токарній обробці важкооброблюваних матеріалів мають збірні різці, які є найефективнішими та економічно доцільними з точки зору забезпечення високої точності та якості поверхні, що обробляється, а також економії твердого сплаву, з якого виконано ріжучу пластину, і простоти її заміни [2].

Основним недоліком при точінні низькотеплопровідних матеріалів є істотне зростання долі теплоти, що надходить в ріжучий клин інструменту, що призводить до підвищення поверхневої і об'ємної температур в контактній зоні різання і сприяє збільшенню зносу ріжучого інструменту [3, 4]. Розподіл температур в зоні різання при обробці твердого сплаву Т14К8 наведено на рис. 1.

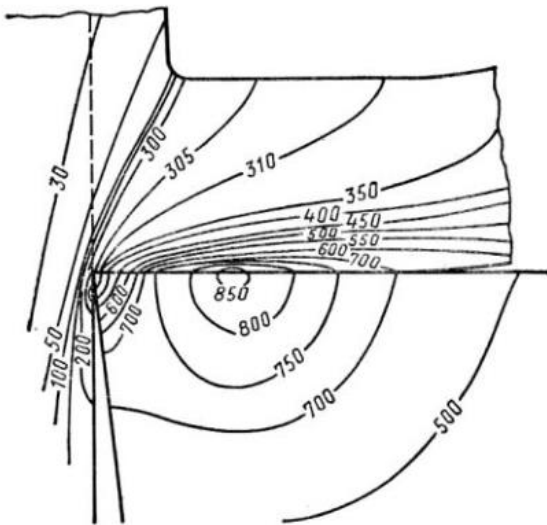


Рис. 1. Температурне поле в зоні різання (Т14К8; $t = 5,8$ мм; $s = 0,35$ мм/об; $v = 80$ м/хв) [4]

Крім того, теплові явища, що відбуваються при різанні матеріалів, обмежують можливість підвищення продуктивності і збереження необхідної якості одержуваних виробів. Коли температура інструменту переходить за режим красостійкості інструментального матеріалу, це призводить до руйнування його ріжучої частини [5]. Також при підвищених температурах змінюються і характеристики поверхневого шару деталі, що обробляється.

У зв'язку з цим охолодження збірних різців, оснащених змінними багатограними пластинами, є актуальною науково-технічною задачею.

Існуючі способи зниження температури різання можна умовно поділити на три групи (рис. 2). При цьому кожен з наведених способів дозволяє досягти ті чи інші властивості різального інструменту і має як переваги, так і недоліки використання і не забезпечує достатнього зниження температури різання.

Існуючі традиційні способи зниження цих температур за рахунок застосування змащувально-охолоджуючих технологічних засобів (ЗОТЗ) не завжди виявляються достатньо ефективними, особливо при різанні важкооброблюваних матеріалів, що мають низьку теплопровідність, і не відповідають сучасним вимогам, збільшуючи при цьому вартість операцій за рахунок витрат по розробці і експлуатації систем подачі ЗОТЗ, собівартості і витрат по їх переробці і утилізації. Крім того, використання ЗОТЗ завдає

великої екологічної шкоди навколишньому середовищу, викликає патологічні зміни в організмі людини (депресія нервової системи, токсична і канцерогенна дії). Тому в світовій практиці металообробки виникає питання, пов'язане з відмовою від застосування ЗОТЗ і переходом на «сухе» різання, при якому актуальною залишається проблема зниження температури інструменту [3, 4].



Рис. 2. Класифікація способів зниження температури різання при обробці збірними різцями

Технологія "сухого" електростатичного охолодження (СЕО) ріжучого інструменту заснована на подачі в зону різання звичайного повітря, обробленого спеціальним типом малопотужного електричного розряду. Серед нетрадиційних способів охолодження застосовувалося також вихрове охолодження, засноване на ефекті поділу газу або рідини на дві фракції при закручуванні в циліндричній або конічній камері. При цьому на периферії утворюється закручений потік з більшою температурою, а в центрі - охолоджений потік, закручений в протилежну сторону. Також одним із способів нетрадиційного охолодження є поглинання тепла за рахунок зміни агрегатного стану речовини (випарне охолодження відкритого і закритого типів, використання легкоплавких речовин), засноване на ефекті поглинання значної кількості тепла за рахунок випаровування води, яка не містить екологічно небезпечних домішок і надходить в зону нагріву через пористе середовище.

Аналіз наведених нетрадиційних способів охолодження збірних різців також показав, що на даний час вони досліджені недостатньо, тому потребують більш детальної розробки та вивчення.

Висновки: 1. Теплові явища чинять активний вплив на стійкість різального інструмента, точність механічної обробки і, як наслідок, на продуктивність, економічність і якість оброблюваної поверхні.

2. Аналіз існуючих способів охолодження різців дає привід вважати, що вони не є ефективними і такими, що забезпечують необхідне зниження температури у зоні різання важкооброблюваних матеріалів. Це обумовлює необхідність пошуку і створення принципово нових способів охолодження збірних ріжучих інструментів і обґрунтування області їх застосування.

Література

1. Качан А.Я. Твердосплавный инструмент для токарной обработки деталей из жаропрочных и титановых сплавов на станках с ЧПУ/А.Я. Качан // Оборудование и инструмент для профессионалов. Сер. Металлообработка. – 2006. - № 3 (77). – С. 22 – 26.
2. Металорізальні інструменти: підручник/Равська Н. С. – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 612с.
3. Тепловые и механические процессы при резании металлов / сост.: Ф.В. Новиков, А.А. Якимов, Г.В. Новиков, С.Г. Эммин, В. Вайсман. – О.: ОГПУ, 1997. – 179 с.

4. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

ДЕГРАДАЦІЯ І КОРОЗІЙНИЙ МОНІТОРИНГ МЕТАЛУ ТРУБОПРОВОДІВ

Масленніков В.О. аспірант кафедри ХОП, Краснянський М.О. студент гр. ІМ-151

Науковий керівник к.т.н., доц. Любимова-Зінченко О.В.

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

З появою перших технологічних об'єктів головною проблемою в хімічній і нафтопереробній промисловості є корозія та передчасне корозійно-механічне руйнування трубопроводів, обладнання тощо.

Значна частина трубопроводів і обладнання знаходиться в експлуатації тривалий час. За час експлуатації метал будь-якого трубопроводу або апарату деградує і піддається корозійно-механічним пошкодженням різного виду. Найчастіше пошкодження мають локальний характер, що обумовлено специфікою умов конкретної ділянки апарату, а от деградація сталі обумовлена процесами, що є спільними, отже саме вона визначає залишковий ресурс всієї транспортної системи або обладнання. Деградація є незворотний і небезпечний процес, що триває безперервно з початку експлуатації. Особливо інтенсивно деградаційним процесам піддані частини обладнання що працюють за значних механічних навантажень в агресивному середовищі [1]. Згідно з літературними даними головним чинником деградації сталей магістральних трубопроводів є їх деформаційне старіння, в процесі якого як правило, підвищується міцність і знижується пластичність та ударна в'язкість.

Впровадження систем постійного корозійного моніторингу і контролю на найбільш вразливих ділянках технологічних об'єктів залишається важливим засобом запобігання передчасному виходу обладнання з робочого стану. Під моніторингом розуміють регулярний контроль певних параметрів, які мусять змінюватися в заданих інтервалах. Це певна система діагностування і прогнозування стану обладнання з метою контролю і попередження можливих негативних наслідків, пов'язаних з експлуатацією. Це можливо зробити завдяки корозійного моніторингу, який би можна було використовувати для будь-яких матеріалів та середовищ для визначення характеру і швидкості корозії. Тому важливо правильно підібрати найбільш ефективну комбінацію методів корозійного контролю.

Зростання вартості обладнання, екологічних вимог, вимоги автоматизації виробництв обумовлюють підвищення уваги до електрохімічних методів моніторингу і їх «вбудову» в системи управління технологічним процесом.

Метою роботи було дослідження змін електрохімічної поведінки деградованої сталі феритного класу 08X13, порівняно зі сталлю у вихідному стані. Дослідженню піддавались експлуатовані сталі і сталі у стані поставки марки 08X13 у середовищі 3%-го водного розчину NaCl.

Базові електрохімічні характеристики досліджуваних сталей (потенціал корозії $E_{кор}$, густину струму корозії $i_{кор}$, коефіцієнти Тафеля і значення Тафелівського рівняння) визначали графічно-аналітичним методом. Коефіцієнти Тафеля знаходились за реакцією поведінки анодної кривої [2]. Потенціал корозії $E_{кор}$ визначався, графічним методом за мінімальним значенням струму, в координатах $i, A/cm^2 - E, В$.

Електрохімічні дослідження показали різну тенденцію зміни електрохімічних характеристик деградованої і вихідної сталі в середовищі 3%-му водному розчині NaCl.

Для сталі 08X13 виявлено велику різницю потенціалів корозії між зразком у стані поставки і експлуатованим. Характерним для деградованої сталі 08X13 є стрімке зростання анодного струму розчинення металу, що в свою чергу привело до великої різниці струмів корозії.

Зафіксовано велику різницю в значеннях струму корозії експлуатованого металу, порівняно з матеріалом у вихідному стані. Тобто експлуатовані сталі менш стійкі до дії агресивного середовища, тому корозійний процес в цих сталях буде протікати легше.

Використання електрохімічних досліджень дозволило зробити аналіз чутливості характеристик для оцінки деградаційних процесів, визначити серед них базові електрохімічні параметри, які найбільш чутливі і об'єктивні щодо деградації сталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Похмурський В.І. Корозійна втома металів і сплавів / В.І. Похмурський, М.С. Хома. – Львів: Сполом, 2008. – 301 с.
2. Хома М.С. Вплив поверхневого пластичного деформування на електрохімічні характеристики і опір корозійно – втомному руйнуванню нержавіючих сталей// Фіз. – хім. механіка матеріалів. – 1994. - №1. – С.125 – 127.

ВПЛИВ ФУТЕРУВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ НА ХАРАКТЕР РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Романченко О. В., к.т.н., доцент, Троценко М. Г.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Фінішна обробка деталей посідає одне з найважливіших місць у сучасному виробництві. Серед багатьох сучасних методів фінішної обробки деталей особливе місце займає обробка вільними абразивами, а саме, віброабразивна обробка.

Завдяки високій ефективності та універсальності віброабразивна обробка застосовується в різних сферах виробництва [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Ефективна обробка деталей віброабразивним методом можлива при наявності стійкого циркуляційного руху робочого середовища. Забезпечення такого руху робочого середовища є важкою, але необхідною задачею, та потребує значних корегувань в залежності від типу оброблюваних деталей. Моделювання та дослідження цього питання є актуальним і досліджено не в повному обсязі.

У той же час достатньо актуальним є питання дослідження впливу характеристик поверхні стінок резервуару на ефективність технологічної операції та на циркуляційний рух робочого середовища.

Це пов'язано з тим, що в найпоширеніших і широко застосовуваних на виробництві вібраційних верстатах стінки контейнера покриті шаром гуми, товщиною від 5 до 10 мм, стійкої до впливу кислотних і лужних розчинів, що застосовуються при вібраційній обробці.

Не зважаючи на наявність робіт [8], в яких наведені результати теоретичних та практичних досліджень впливу матеріалу футерування стінок резервуару на продуктивність процесу віброабразивної обробки, в тому числі з застосуванням для цього матеріалів із абразивними властивостями які виступали в ролі додаткового інструменту, на сьогодні практичної реалізації використання стінок резервуару в якості додаткового інструменту не отримало. Це пов'язано з тим, що питання властивостей покриття не завжди сприймається як повноцінний чинник який безпосередньо впливає на якість віброабразивної обробки. Як правило стінки резервуару є засобом впливу на інструмент або додатковий засіб, що обмежує переміщення деталі (у випадку, коли деталь фіксується, за допомогою додаткових пристосувань) [9].

У рамках сформульованих вище питань, були проведені експериментальні дослідження, для оцінки впливу поверхні стінок резервуару на переміщення робочого середовища.

Швидкість руху поверхневого шару робочого середовища визначалася по швидкості руху спеціально сконструйованого пристосування «вертушка». Пристосування встановлювалося в незавантажений контейнер установки Потім завантажувалися

абразивні гранули та водний розчин. Робоче середовище циркулюючи в процесі роботи, переміщувало «вертушку», і за допомогою цифрової відеозйомки з подальшою розкадровкою через кожні 0,04 секунди визначалася швидкість робітничого середовища. Пристосування мало конструкцію, яка дозволяла одночасно проводити дослідження швидкості різних робітничих середовищ, для цього контейнер розділяли перегородками.

Результати дослідження швидкості робочого середовища при різному футеруванні наведені в таблиці 1:

Таблиця 1

Значення середньої циркуляційної швидкості переміщення робітничого середовища (V_{cp})

Тип футерування	ТМКІЦ	Карбід кремнію
V_{cp} , м/хв	3,89	4,08
V_{cp} , м/с	0,0648	0,067

Показники швидкості руху робочого середовища в резервуарі з різними типами футерування, вочевидь, відрізняються, але незважаючи на падіння циркуляційної швидкості робочого середовища в резервуарі з футеруванням пластинами карбіду кремнію, характер циркуляційного руху залишився незмінним – в процесі обробки спостерігався стійкий циркуляційний рух робочого середовища. Тобто показники шорсткості поверхні та зернистість футерування не мають суттєвого впливу на стабільність циркуляційного руху.

В результаті проведених досліджень встановлено, що футерування резервуару абразивним покриттям зменшує циркуляційну швидкість робочого середовища, але не впливає на характер циркуляційного руху робочого середовища в резервуарі не залежить від футерування.

Література

1. Соколов В. І., Кроль О. С., Єпіфанова О. В. Гідравліка. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. 160 с.
2. Sokolov, V., Krol, O., Stepanova, O.: Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE (2018). DOI: <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501609>.
3. Sokolov, V.: Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems. Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 63, pp. 278-283. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04792-4_37.
4. Sokolov, V., Krol, O.: Determination of Transfer Functions for Electrohydraulic Servo Drive of Technological Equipment. In.: Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 364-373. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_38.
5. Shevchenko S., Muhovaty A., Krol O. Gear Clutch with Modified Tooth Profiles. Procedia Engineering. 2017. – №206. P. 979–984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.581>
6. Krol O., Sukhorutchenko I. 3D-modeling and optimization spindle's node machining centre/Teka Komisji Motoryzacji I Energetyki in Rolnictwa. – OL PAN, 2013, Vol.13, is.3, Lublin, Poland. – P. 114–119.
7. Кроль О. С., Хмеловский Г. Л. Оптимизация и управление процессом резания: учебное пособие. Киев: УМК ВО, 1991. 140 с.

8. Мелконов Г. Л. Вдосконалення процесу обробки дрібногабаритних площинних деталей на вібраційних верстатах шляхом активізації функції футерування контейнера: Дис... канд. тех. наук: – Одеса, 2010. – 201 с.

9. Пшеничний И. Н. Розширення технологічних можливостей обробки деталей у віброуючих контейнерах: Дис... канд. тех. наук. – Луганськ, 2005. - 265 с.

INNOVATIVE METHOD OF PROCESSING WASTES RUBBER

¹Ishchuk V., ¹Fomina Y., ²Gorbunov M., Dr.Tech.Sc, prof., ²Kravchenko K., PhD, doc.

¹University of Zilina, ²Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Worn tires are a valuable polymeric raw material [1]. One ton of tires contains approximately 700 kg of rubber that can be used to produce fuel. Worn tires are one of the toughest polymeric waste. In 2000, the total amount of worn-out, non-recycled tires reached 2.5 million in Europe. ton, US 2.8 million. ton, in Japan 1.0 mil. ton, in the countries of the former Soviet Union 1.5 million. ton [2, 3].

The most promising method of recycling used rubber-oil wastes seems to be their use in the production of alternative hydrocarbon fuels.

This method uses the used lubricating oil as a solvent of rubber as well as a number of other physicochemical effects [Patents UA 48571, 48875, 66004, 97701], which leads to increased manufacturability and speed of the fuel production process, as well as making it more economical.

The rubber materials are inserted into the pyrolysis apparatus 1 (Fig.) via the hopper.

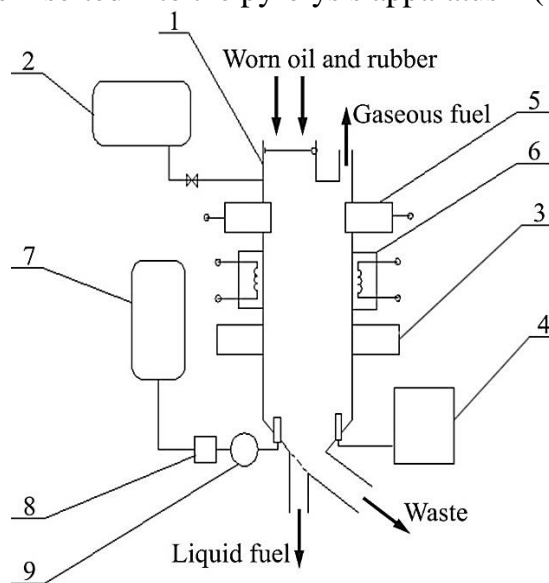


Fig. A method of obtaining liquid and gaseous hydrocarbon fuel from rubber-oil wastes produced in the operation of vehicles:

- 1 - body of pyrolysis apparatus; 2 - low quality hydrocarbon fuel tank; 3 - source of ultrasound waves; 4 - ozone generator; 5 - high-frequency current electrodes; 6 - electromagnet; 7 water tank; 8 - pump; 9 - evaporator

To dissolve the rubber, low-grade petrol is added from the reservoir 2 in the ratio 1:1, the mixture is stirred and after-wards, used lubricating oil is added to the obtained product in the ratio 1:1. Later, the apparatus 3 is activated, which creates ultrasonic waves in the vessel, speeding up the dissolution process of the rubber. Simultaneously, gaseous ozone is emitted through the mixture, which is produced in generator 4. In the second stage of dissolving rubber wastes, the pyrolysis apparatus triggers into operation the high-frequency electrodes 5. The high-frequency current heats up the metallic elements of the batch mixture, which accelerates the decomposition process of the rubber. In the last step, the electromagnets 6 are switched on alternately, forming an electromagnetic field. The metal elements alternately move from one

magnet to another. The electromagnets thereby cause movement of the mixture. Concurrently, the water from the tank 7 is transported by means of the pump 8 to the evaporator 9 where it vaporizes and the vapor is emitted through the mixture. Under the effect of ozone, rapid oxidation of rubber wastes occurs in conjunction with the breakdown of molecular and intramolecular bonds. The reaction takes place at very low energy consumption. It can be stated that ozone particle disruption of a specified size requires 5 to 10 times less energy consumption than cryogenic disturbance.

The use of such a method accelerates the process of decomposition, recycling and formation of the mixture, increasing the quality of the fuel obtained. The liquid fuel output is 70% by weight of the rubber-oil wastes processed, the gases are 5% by weight, the solid hydrocarbon residue 20% and the metal 5%.

References

1. Соловьев Е.М., Захаров Н.Д. Переработка и использование отходов шинной промышленности (Recycling and use of waste tire industry). Moscow, ISSN 0233-5727, 1983, 64 p. (In Russian).
2. Lyons L. The recycling of tires *Tire & Accessories*. UK, 3, 2000, pp. 11-12.
3. Kravchenko A., Sakno O., Lukichov A. Research of dynamics of tire wear of trucks and prognostication of their service life. *Transport Problems* 7(4), pp. 85-94.

INNOVATIVE TECHNOLOGY CLEARING WASTE OIL

¹Ishchuk V., ¹Fomina Y., ²Gorbunov M., Dr.Tech.Sc, prof., ²Kravchenko K., PhD, doc.

¹*University of Zilina*, ²*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*

Oils of petroleum origin are widely used in the operation of modern equipment. The volume of lubricant consumption increases and consequently also the volumes of used oils. Used petroleum products are toxic, have a low degree of biodegradability (10-30%), are harmful wastes that are subject to collection and disposal and, in some cases, complete elimination [1]. Used oil lubricants are one of the major sources of environmental pollution.

In the current stage of industrial development, introducing the production from secondary raw materials is a serious and topical issue, especially from used oils representing a valuable source of raw materials for obtaining petroleum products - assuming reliable recycling.

Based on the research, an innovative oil purification technology has been developed, allowing to reduce regeneration time, increase energy efficiency and the making the whole process more ecological.

In the oil purification technological line, separation of solids from the total volume appears as one of the major stages. It is proposed to implement this step, based on the use of mechanical energy of high intensity (more than 20 kHz) ultrasonic waves that propagate in different materials and use their influence on liquid, solid and gaseous substances.

The use of ultrasound in the oil purification technological line enables it to separate from solids at a low energy consumption of the process, with no extra expenses for gases, solvents, etc.

After separation of the oil from the base mass of impurities, final purification is required using a fine filter. Before fine filtering of the oil, special heaters that are energy-inefficient are currently being used to decrease the viscosity and increase the leakage efficiency of the oil through the filter. Based on the research performed, it has been found that microwave equipment can be used as a thermal energy carrier. This solution also allows to reduce energy losses and increase the efficiency of oil heating.

Microwave heating (MWH) appears as an ecologically pure heating method because local overheating appears in the process and thus the generation of combustion products is prevented. In addition, the simplicity of microwave energy conversion to heat allows for high heating speeds [2].

Used oil is gathered into tank 1 (Fig.). The K1 concentrator excites ultrasonic waves, making the fluid in the tank 1 rise to a higher level. The effect of ultrasound waves causes the active process of spraying the liquid from the surface to begin. A mixture of atomized liquid and air forms a stream which is directed to the tank 2. The entire liquid fraction accumulates in the tank 2, the solids remaining in the tank 1.

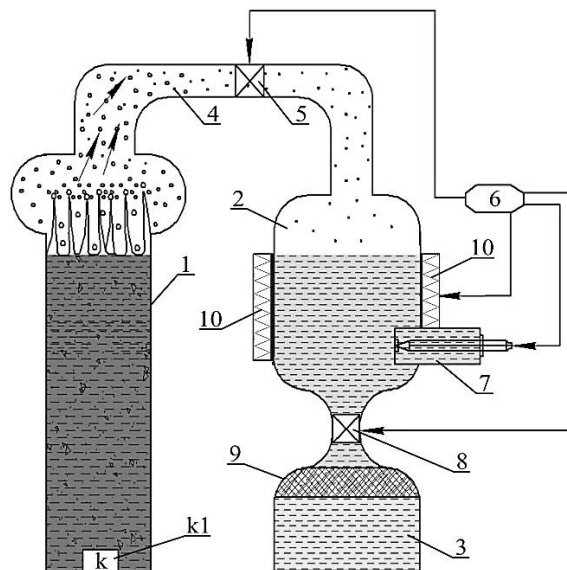


Fig. Scheme of the device for regenerating used oil [Patent UA 81723]

A electromagnetic channel 5 is located in the conduit 4, controlled by the microprocessor control unit (MCU) 6. After collecting all the oil in the tank 2, the electromagnetic valve 5 is closed and the control unit 6 triggers the microwave heater 10. The oil in the tank 2 is exposed to microwave radiation, which generates friction at a molecular level and thus reduces the viscosity of the oil. The viscosimeter 7 measures the viscosity of the oil. When the desired value is reached, the microwave heating is switched off and a second electromagnetic valve 8 opens.

In the final step of cleaning the oil from the mechanical impurities, it is filtered by a finecleansing filter 9.

The proposed technology for cleaning used oil is environmentally harmless, it allows to accelerate the regeneration process and to get a high quality final product.

References

1. Соловьев Е.М., Захаров Н.Д. Переработка и использование отходов шинной промышленности (Recycling and use of waste tire industry). Moscow, ISSN 0233-5727, 1983, 64 p. (In Russian).
2. Окресса Э. СВЧ – энергетика. Применение энергии СВЧ в промышленности (Microwave - energy. The use of microwave energy in industry). Т.2. Moscow: Изд. Мир, 1971. 272 p. (In Russian).

ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ КОНСТРУЮВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Кроть О.С., к.т.н., доц., Бочаров А.К. Суржиков С.Н.

Східноукраїнський національний університет імені В.Дала

Різноманітне проектування інструменту, що працює методом копіювання, є засобом підвищення технічного рівня прийнятих проектних рішень. Велика номенклатура інструментів для нарізування циліндричних коліс з одного боку і наявність уніфікованих елементів конструкцій (наприкладі дискових модульних фрез) з іншого робить актуальним побудову параметричних моделей основних елементів (затилований зуб, евольвентний профіль). Для реалізації процедури параметричного моделювання використана CAD/CAE/PDM середа наскрізного проектування в APM WinMachine [1,2,3].

Метою даної роботи є вдосконалення процесу проектування зуборізних інструментів, на основі процедур параметричного моделювання.

Методика проведення досліджень. На першому етапі дослідження конструкцій зуборізних інструментів здійснюється побудова його 3D моделі з використанням вбудованих прикладних бібліотек системи автоматизованого проектування. При цьому виділяється ряд уніфікованих форм профілів різальної частини зуба. На рис.1 представлена тривимірна модель повсюдно використовуваної дискової модульної фрези в процесі нарізування шестерні методом копіювання. Розробка виконана в середовищі CAD / CAM / CAE КОМПАС-3D.

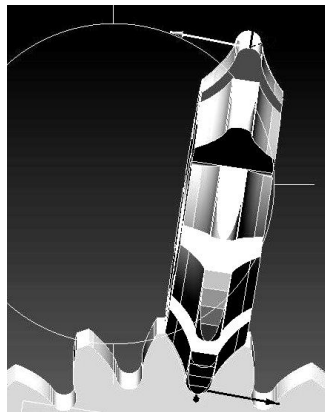


Рис. 1. Тривимірна модель дискової модульної фрези

Саме для цих уніфікованих елементів зуборізних інструментів ефективно використовувати інструментарій параметризації в модулі APM Graph [1, 4, 5].

Послідовність створення параметричної моделі різального інструменту виконується в наступній послідовності.

- аналіз вхідних даних, необхідних для побудови моделі. Дані поділяються на вихідні (незалежні) і похідні (залежать від вихідних даних);
- введення вихідних даних, у вигляді змінних в діалоговому вікні «Змінні» (рис. 2), причому для вихідних даних задається тільки значення, а для похідних також і вираз, що є функцією вихідних і вже введених похідних даних;
- завдання графічної послідовності команд, яка веде до побудови потрібної моделі.
- вказівка в списку параметричних команд, параметрів, характерних для кожної команди. При цьому, в розрахункових виразах використовуються змінні, задані в п.2, або допоміжні змінні, створені в процесі побудови моделі;
- аналіз відповідності сформованої таким чином моделі з необхідною, і, при необхідності, виправлення параметрів команд або способу побудови всієї моделі або її частини.

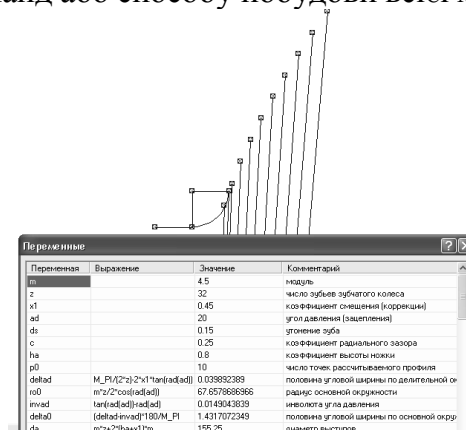


Рис. 2. Вікно змінних у задачі побудови евольвентного профілю

Висновки. В результаті виконання даної роботи розроблена процедура тривимірного і параметричного моделювання профілю дискової зуборізної фрези. Запропонований підхід призводить до різкого зменшення термінів проектування типових профілів різальної частини зуба фрези, забезпечує підвищення продуктивності і точності профілювання і конструювання різальних інструментів

Література

1. Проектирование металлорежущих станков в среде АРМ WinMachine: учебник / О.С. Кроль, С.В. Шевченко, В.И. Соколов – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 400 с.
2. Кроль О.С. Методы и процедуры динамики шпиндельных узлов: Монография. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2014. – 154 с.
3. Krol O., Sokolov V. Parametric Modeling Of Machine Tools For Designers: monograph. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 112 p. DOI: <https://doi.org/10.7546/pmmtd.2018>
4. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
5. Shevchenko S., Mukhovaty A., Krol O. Gear Clutch with Modified Tooth Profiles. Procedia Engineering, 206, 979–984 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.581>
6. Кроль О.С., Шумакова Т.О., Соколов В.І. Проектування зуборізних інструментів з використанням системи КОМПАС: навчальний посібник. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. – 144 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ЗУБОРІЗНОЇ ФРЕЗИ З МОДІФІКОВАНИМ ПРОФІЛЕМ

Кроль О.С., к.т.н., доц., Бочаров А.К. Суржигов С.М.

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

Однією з тенденцій розвитку машинобудування є поява все більш складних (фасонних) форм і конструкцій виробів. Фасонна обробка деталей черв'ячними зуборізними фрезами набула найбільшого поширення в промисловості. Як переваги над дисковими фасонними фрезами можна віднести безперервність роботи, велику точність, одночасну роботу декількох зубів і високу продуктивність.

У більшості зуборізних інструментів є уніфіковані елементи:

- затілований зуб з нешліфованим і шліфованим профілем;
- вихідний контур нарізаємого зубчастого колеса, який визначається параметрами вихідної рейки;
- вихідний контур для зубчастого інструменту, який визначається параметрами вихідної рейки, що виробляє через параметри її нормального перетину.

Метою даної роботи є підвищення продуктивності праці конструктора-інструментальника за рахунок використання можливостей апарату параметричного моделювання.

Методика проведення досліджень. Параметричні компоненти САПР дозволяють створити один або кілька узагальнених параметричних проектів, за допомогою яких можна згодом в найкоротші терміни спроектувати будь-який з можливих варіантів черв'ячних фрез [1, 2, 3]. Ефективним бачиться поєднання параметричних профілів в 2D графічних редакторах з подальшим експортом в 3D редактор. Такий компромісний варіант можна реалізувати у відомої САПР АРМ «WinMachine», розробленої в НТЦ АПМ [4, 5].

У даній роботі запропонована процедура параметризації:

- вихідного контуру зубчастого колеса, що нарізається;

- вихідного генеруючого контуру черв'ячної зуборізної фрези (без модифікації і з фланком, як варіантом модифікації);
- затилювання зуба з одноразового і подвійного типу.

Як відомо генеруючий контур фрези відрізняється від вихідного контуру зубчастого колеса розмірами: висоти головки h_a (на розмір радіального зазору в зачепленні); товщини зуба S_{no} (збільшений на величину обов'язкового бічного зазору) і розташуванням фланка (a_f і h_{fo}) на ніжці зуба [6]. На рис.1 представлені параметричні моделі вихідного контуру і генеруючого контуру з фланкуванням ніжки зуба.

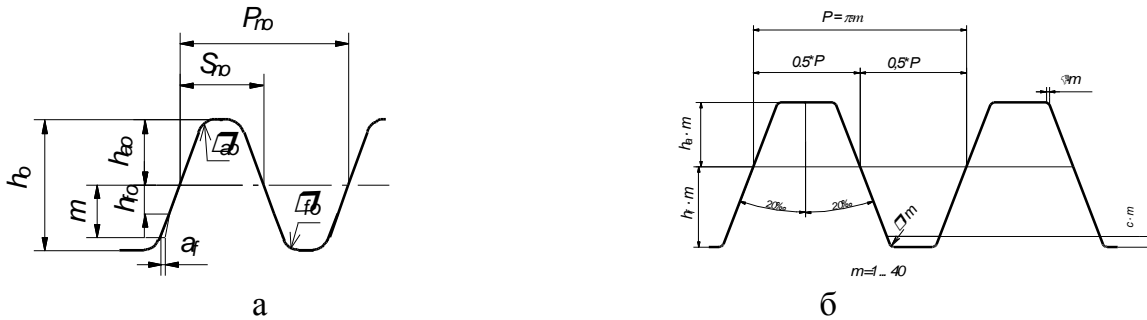


Рис. 1. Профілі різальної частини дискової модульної фрези: а – генеруючий контур; б – вихідний контур

Затилювання задньої поверхні фрези найчастіше окреслюється архимедовою спіраллю, з огляду на спрощення технології виготовлення (простота виготовлення кулачків для затилювання і використання широкої гами верстатів з узгодженими обертальним і поступальним рухами). Крім того, кожна крива затилювання забезпечує достатні задні кути для всіх точок різальних лез (з урахуванням можливих переточувань). У модулі АРМ Graph побудовані параметричні моделі одноразово- і двократно затилюваних поверхонь фрез (рис.2), окреслених архимедовою спіраллю (величина приросту радіуса вектора прямо пропорційна величині приросту полярного кута).

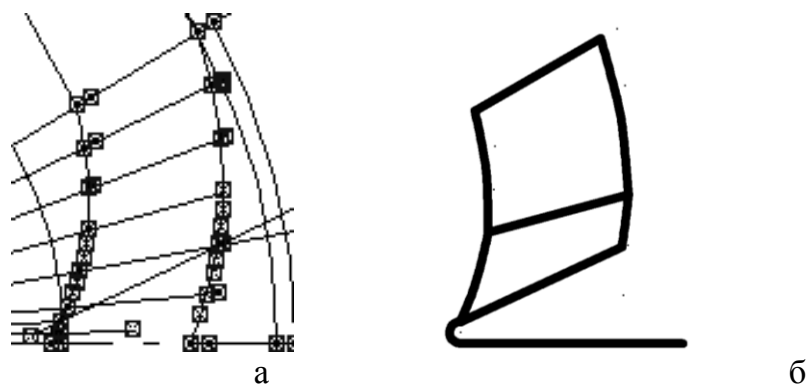


Рис. 2. Затилований зуб фрези: а – одноразовий; б - двократний

Висновки. 1. Параметричні моделі компонентів черв'ячних зуборізних фрез з модифікованим вихідним контуром дозволяють підвищити продуктивність процесу проектування гами сучасного складнопрофільного фасонного інструменту.

2. Застосування САПР АРМ WinMachine робить процес проектування черв'ячних зуборізних фрез дуже ефективною процедурою з використанням засобів конечноелементного аналізу і твердотільного моделювання.

Література

1. Кроль О.С., Шумакова Т.О., Соколов В.І. Проектування зуборізних інструментів з використанням системи КОМПАС: навчальний посібник. – Луганськ: вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2013. – 144 с.
2. Krol O., Sokolov V. Parametric Modeling Of Machine Tools For Designers: monograph. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 112 p. DOI: <https://doi.org/10.7546/pmmtd.2018>
3. O Krol, I Sukhorutchenko 3D-modeling and optimization spindle's node machining centre SVM1F4 / Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Vol. 13. – Is. 3, 2013. – P. 114 – 119.
4. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
5. Krol O.S., Sokolov V.I. 3D Modeling Of Machine Tools For Designers: monograph. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018. – 140 p. DOI: https://doi.org/10.7546/3d_momtfd.2018
6. Кроль О.С., Бурлаков Е.И. Моделирование шпиндельного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного університету ХПІ. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ ХПІ. – № 11(985), 2013. – С. 33–39.

ОЦІНКА ЖОРСТКОСТІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ

Кроль О.С., к.т.н., доц., Суржиков С.М.

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

Забезпечення певного рівня точності та вібростійкості верстатів пов'язано з аналізом і визначенням їх жорсткості і піддатливості. Оцінка раціонального балансу піддатливості верстата є актуальним завданням і може виступати як критерій оптимізації при визначенні статичної жорсткості базових деталей і конструкції в цілому. Вирішальним чином на жорсткість надають формотворчі шпиндельні вузли. Так деформації рухомих шпиндельних бабок фрезерних і багатоопераційних верстатів можуть становити до 70% загального рівня деформації.

Найпоширеніше уявлення шпиндельного вузла [1, 2, 3], що використовують наближені і уточнені методи розрахунку, розглядає його як лінійно-деформовану систему, в якій переміщення вузлів шпинделя виражається у вигляді лінійної функції прикладених сил, не дозволяє вирішити комплексно цю задачу.

Ускладнення розрахунків шпиндельних вузлів на жорсткість і опір пластичних деформацій з урахуванням розподілу та режимів зміни напружень, розмірів і перетинів вимагає застосування розвинених систем автоматизованого проектування, таких як CAD / CAM / CAE / PDM «APM WinMachine» [4, 5].

Метою даної роботи є досягнення більш якісних показників оцінки роботоздатності конструкції за критерієм жорсткості

Методика проведення досліджень. Розглянемо задачу розрахунку піддатливості конструкції шпиндельного вузла (шпиндель – розточне оправлення) приводу головного руху багатоопераційного фрезерно-свердлильно-розточувального верстата моделі СФ68ВФ4, яку представляють у вигляді балки постійного перетину на двох шарнірних опорах.

Оцінка деформацій за допомогою методу безпосереднього інтегрування диференціального рівняння пружної лінії шпиндельного вузла є дуже трудомісткою вже при наявності трьох ділянок даної конструкції. Більш ефективний в обчислювальному відношенні метод початкових параметрів дозволяє побудувати універсальне рівняння пружної лінії [6], яке застосовується для будь-яких розрахункових схем конструкції (характеризується модулем пружності E , осьовим моментом інерції поперечного перерізу I і межопорного відстанню l).

$$y(x) = \frac{0,34 \cdot 10^7 \cdot x}{E \cdot I} + \frac{297 \cdot (x-148)^3 - 151,67 \cdot x^3 - 36,83 \cdot (x-74)^3}{E \cdot I}$$

Разом з тим розглянута конструкція шпиндель – розточне оправлення (шпиндель – консоль) може бути вирішена в припущенні, що вона є статично невизначеної балкою, яка монтується на двох опорах, що володіють лінійною і кутову жорсткістю.

Розглянемо рішення такого завдання в середовищі спеціалізованого модуля АРМ SHAFT [3], який дозволяє виконати увесь цикл проектування валів і осей, починаючи від розробки конструкції і закінчуючи статичним і динамічним розрахунком. У цьому модулі деформований стан вала описується методом Мора, а розкриття статичної невизначеності здійснюється методом сил. На рис. 1 зображені результати деформаційного розрахунку – епюри переміщень при різній величині межопорної відстані l .

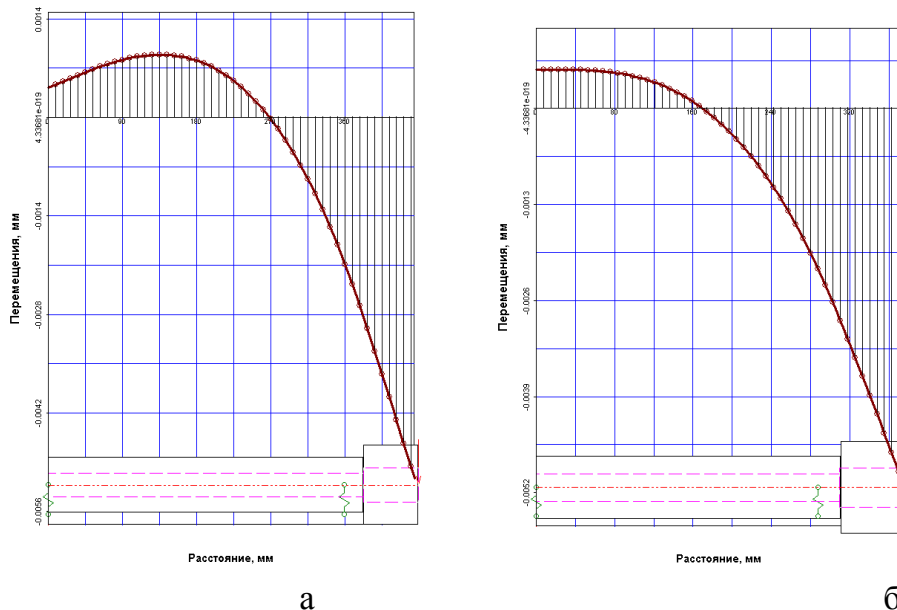


Рис. 1. Піддатливість шпинделя при різних межопорних відстанях: а– $l=360$ мм; б– $l=280$ мм

Висновки. 1. Максимальні переміщення в консольній частині вузла з урахуванням кутових переміщень складають $y_{max} = -0,0054$ мм, що дозволяє зробити висновок про працездатність даної конструкції за критерієм жорсткості і значному запасу надійності.

2. Аналіз отриманих результатів дозволяє вибрати найкращі конструктивні рішення, працюючи з різними навантаженнями і їх комбінаціями. При цьому з'являється можливість проектувати конструкції близькі до рівномірних за критерієм жорсткості.

Література

1. OS Krol, VV Juravlev Modeling of spindle for turret of the specialized tool type SF16MF3 // TEKA Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. – Lublin, Poland. – Vol.13. – Is. 4, 2014. – P. 141–147.
2. Rational choice of two-support spindles for machining centers with lubrication system / Oleg Krol, Petko Tsankov, Volodymyr Sokolov // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – Number 3. – P.52–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00648>
3. O Krol, I Sukhorutchenko 3D-modeling and optimization spindle's node machining centre SVM1F4 / Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – Vol. 13. – Is. 3, 2013. – P. 114–119.
4. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
5. Кроль О.С., Кроль А.А., Бурлаков Е.И. Твердотельное моделирование и исследование шпиндельного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного

університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ» – № 16(989), 2013. – С. 14–18.

6. Кріль О.С., Бурлаков Е.И. Моделирование шпиндельного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного університету ХПІ. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ ХПІ. – № 11(985), 2013. – С. 33–39.

АНАЛІЗ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Кріль О.С., к.т.н., доц., Кузовов О.Ю.

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

Поява конкуруючих конструкцій металорізальних верстатів (МВ) пов'язано з постійним пошуком нових рішень для досягнення прецизійності, продуктивності і надійності. Перевага отримує та організація, яка забезпечує більш високі технічні характеристики і розширює технологічні можливості верстата і верстатної системи. При розгляді головного завдання – підвищення продуктивності, при створенні будь-яких МВ виділяється одне з найбільш ефективних рішень – концентрація операцій на одному верстаті.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процедури аналізу напружено-деформованого стану шпиндельного вузла, оснащеного модульною оснасткою в середовищі APM Structure3D

Методика проведення досліджень. Ефективно вирішена проблема концентрації для багатоцільового фрезерного верстата моделі СФ68ВФ4, з набором модульної оснастки, яка дозволяє виконувати такі види механічної обробки, як фрезерування, свердління, розточування і інші види обробки.

Для ефективного моделювання та розрахунку напружено-деформованого стану з урахуванням кутовий піддатливості опор використовуємо модуль комплексного аналізу тривимірних конструкцій APM Structure3D [1, 2, 3].

В процесі моделювання в середовищі APM Structure 3D створюється «каркасна» модель конструкції (рис. 1), в якій кордон стрижневих елементів визначаються вузлами в тих точках, де прикладається навантаження або змінюється згинальна жорсткість перерізу. Кожен стрижень має конкретні розміри і з'єднаний за допомогою вузлів з іншими стрижнями конструкції.

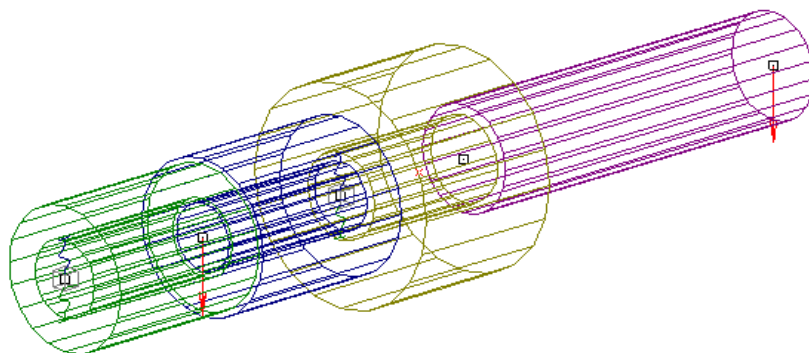


Рис. 1. Каркасна модель конструкції шпинделя

Для проведення розрахунку цієї конструкції необхідно додатково поставити: поперечні перерізи кожному зі стрижнів; опори для створеної конструкції, що визначають її положення в просторі; зовнішні навантаження, що діють на конструкцію; параметри матеріалу елементів конструкції.

Особливістю завдання опор є можливість суміщення в одній опорі і жорсткого і пружного закріплення, кожне з яких є абсолютно різними об'єктами [4, 5]. Вони будуть функціонувати разом в тому випадку, коли діють за різними напрямками системи

координат в вузлі [6]. Для проектованої конструкції дозволені переміщення по напрямку дії сил P_y (вісь z) і F_r (пружне закріплення) і поворот навколо осі z . У режимі завдання жорсткого закріплення, включенням прапорців в полях переміщення в напрямку осей слід задати обмеження по переміщенню в напрямку осей x і y , а також повороти навколо цих же осей.

Розрахунок в середовищі APM Structure3D дозволяє оцінити повну картину напружено-деформованого стану вала в будь-якому його перетині, включаючи оцінку навантажень, силові фактори та ін. Представлені в пункті меню «Результати». На рис. 2. представлено поле переміщень, характерне для типової операції розточування, виробленої на багатоопераційному верстаті СФ68ВФ4

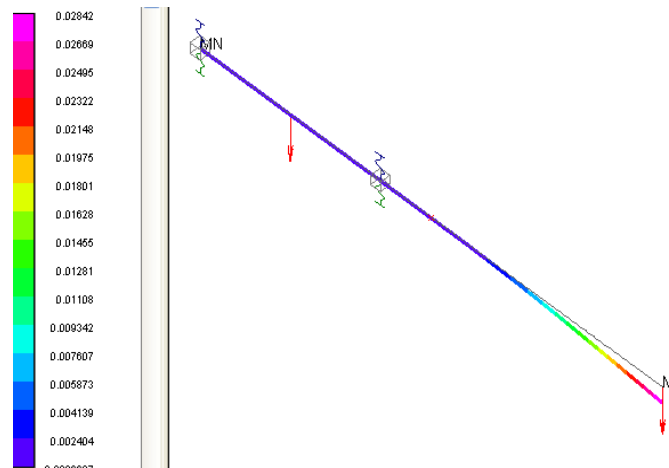


Рис. 2. Епіюра переміщень шпиндельного вузла

Висновки. 1. Максимальні переміщення в консольній частині вузла з урахуванням кутових переміщень складають $u_{max} = -0,0285$; $\theta_{max} = 0,000768$ рад.

Використання програмного середовища APM Structure3D дозволяє структуровано реалізувати процедуру визначення напружено-деформованого стану, зафіксувати перерізи з максимальним рівнем напруги и надати рекомендації до вдосконалення конструкції головного формоутворюючого вузла багатофункціонального верстата.

Література

1. OS Krol, VV Juravlev Modeling of spindle for turret of the specialized tool type SF16MF3 // TEKA Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. – Lublin, Poland. – Vol.13. – Is. 4, 2014. – P. 141–147.
2. Tsankov, Petko. (2015). Numerical Investigation of the Influence of Gas Temperature upon the Characteristics of Flat Aerostatic Bearing using CFD-Simulation, IJAR (Indian Journal of applied research) – Volume: 5 | Issue: 4 | ISSN - 2249-555X; 764–766 (Impact Factor of IJAR – 3,6241).
3. Кроль О.С., Кроль А.А. Расчет податливости станка СФ68ВФ4 и моделирование динамики формообразования / Вісник СевНТУ. – вип. 117, 2011. – С. 81 – 84.
4. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
5. Кроль О.С., Кроль А.А., Бурлаков Е.И. Твердотельное моделирование и исследование шпиндельного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ» – № 16(989), 2013. – С. 14–18.
6. Кроль О.С., Бурлаков Е.И. Моделирование шпиндельного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного університету ХПІ. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ ХПІ. – № 11(985), 2013. – С. 33–39.

МОДЕЛЮВАННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА БАГАТОЦІЛЬОВОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Кріль О.С., к.т.н., доц., Студнік О.П.

Східноукраїнський національний університет імені В.Дала

Ускладнення розрахунків шпиндельних вузлів на жорсткість і опір пластичних деформацій з урахуванням розподілу та режимів зміни напружень, розмірів і перетинів, а також побудова комплексних математичних моделей вимагає застосування розвинених систем автоматизованого проектування. Одним з ефективних засобів вирішення трудомістких проектних завдань по створенню оптимальних машинобудівних конструкцій є CAD / CAM / CAE / PDM APM WinMachine [1, 2].

Метою даної роботи є підвищення продуктивності процесу моделювання та розрахунку на жорсткість за допомогою модуля APM Shaft.

Методика проведення досліджень. Розглянемо задачу розрахунку жорсткості конструкції шпиндельного вузла (шпиндель – модульне оснащення) приводу головного руху багатоцільового токарного верстата моделі MC03 [3, 4, 5], конструктивна схема якого представлена на рис. 1.

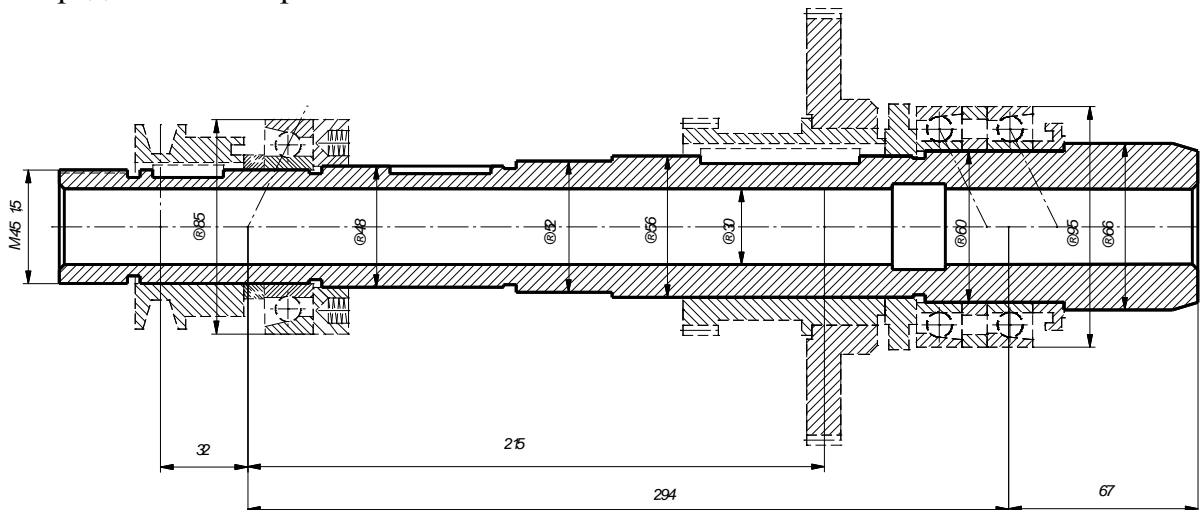


Рис. 1. Конструктивна схема шпиндельного вузла верстата MC03

Особливістю даної конструкції є ефективний спосіб монтажу опор, що передбачає установку спарених радіально-упорних підшипників, встановлених за схемою «тандем». Необхідність використання дуплексированих підшипників пов'язана з недостатністю вантажопідйомності одного підшипника і (або) коли комбіновані або осьові навантаження діють в обох напрямках. Для збільшення жорсткості опор запропоновано два способи попереднього натягу:

- 1) пружинний преднатяг в задній опорі, який використовується на високих швидкостях обертання і при малих навантаженнях і запобігає пошкодження підшипника в результаті прослизання тіл обертання;
- 2) преднатяг в передній опорі за рахунок підбору розмірів проміжних втулок. При цьому жорсткість пропорційна величині натягу в ступеня 0.5, а силі натягу в ступені 1/3.

Разом з тим підшипники кочення володіють кінцевою жорсткістю і їх дія в розрахунковій схемі можна замінити умовно пружинами (пружини здатні сприймати як стискаючи, так і розтягуючи напруги). Таке припущення добре узгоджується з практикою, якщо підшипники мають попередній натяг [6].

Останній фактор з урахуванням дії односторонньої осьової сили зумовлює «О-образну» установку одиночного підшипника в лівій опорі, що утворює разом з переднім дуплексом схему «Тандем - О». Крім того, використання цієї схеми дозволяє компенсувати великі перекидні моменти, навіть в тому випадку, коли відстань між центрами підшипників

порівняно невелика. До переваг «О-образної компоновки» опор при заданій відстані між підшипниками і рівних коефіцієнтах теплового розширення підшипників і сполучених деталей відноситься явище нейтралізації теплового розширення в осьовому і радіальному напрямку і, як наслідок незмінність величини преднатяга.

Дана конструкція шпindelного вузла може бути представлена у вигляді балки постійного перетину на двох шарнірних опорах.

Завдання визначення жорсткості шпindelного вузла ефективно вирішується за допомогою модуля «APM Shaft». У табл. 1 представлені результати розрахунку реакцій в опорах

Таблиця 1

Реакції в опорах

N	Відстань від лівого кінця вала, мм	Реакція верт., Н	Реакція гориз., Н	Модуль, Н	Кут, град
0	78.00	692.55	629.13	935.64	47.75
1	369.00	-5473.55	-1902.13	5794.64	-109.16

Висновки. Аналіз отриманих результатів, показує наявність значного запасу жорсткості (максимальний прогин на консолі шпindelя (рис.1) становить $u_{max} = f = 0.027$ мм, а кут повороту консольного перетину становить 0.0289 рад). При цьому стріла прогину на межопорної частини при $[f] = 0.0003 \cdot l$ не повинна перевищувати $u_{max} = 0.0873$ мм. Допустимий кут повороту кінця шпindelя не повинен перевищувати $[\theta] = 0.0572$ рад.

Література

1. Кроль О.С., Синдеева Е.В., Кроль А.А. Моделирование конструкции четырехопорного вала в САПР АРМ «WinMachine» / Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. – Луганськ : СНУ ім. В.Даля, 2008. – С. 139 – 143.
2. Tsankov, Petko. (2015). Numerical Investigation of the Influence of Gas Temperature upon the Characteristics of Flat Aerostatic Bearing using CFD-Simulation, IJAR (Indian Journal of applied research) – Volume: 5 | Issue: 4 | ISSN - 2249-555X; 764–766 (Impact Factor of IJAR – 3,6241).
3. Кроль О.С., Кроль А.А. Расчет податливости станка СФ68ВФ4 и моделирование динамики формообразования / Вісник СевНТУ. – вип. 117, 2011. – С. 81 – 84.
4. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
5. Shevchenko S., Mukhovaty A., Krol O. Gear Clutch with Modified Tooth Profiles. Procedia Engineering, 206, 979–984 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.581>
6. Кроль О.С., Бурлаков Е.И. Моделирование шпindelного узла обрабатывающего центра / Вісник Національного технічного університету ХПІ. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ ХПІ. – № 11(985), 2013. – С. 33–39.

АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦЬ

Коротенко Б.М. ст. гр. ЗТ-18д, Кузьменко С.В. к.т.н., доц., Сергієнко О.В. к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Серед несприятливих факторів виробничого середовища існуючих в аспекті санітарії та гігієни є низькочастотний шум, загальна та місцева вібрація, вплив на організм електромагнітних полів, а також параметрів мікроклімату, діапазон яких найчастіше виходить за межі допустимих рівнів.

Дослідження в цій області [1] дозволили встановити, що машиністи локомотивів в 1,5 - 2 рази частіше і триваліше хворіють, в порівнянні з іншими професіями галузі.

Основними причинами відсторонення від поїздки є різні захворювання (більше 90% випадків), серед яких найбільший відсоток займають простудні (53,2%), системи кровообігу (14,3%), хвороби кістково-м'язової та нервової систем (7,1%), захворювання органів травлення (5,2%). Крім того, у сфері пасажирських перевезень недостатня потужність системи опалення, а відсутність кондиціонерів в локомотивах і пасажирських вагонах призводять до негативного впливу сезонних коливань атмосферних температур на організм пасажирів. Зміна температури в будь-яку сторону від зони комфорту призводить до серйозної перебудови функцій організму. Дослідження області мікроклімату [2] дозволили визначити, що комфортна температура повітря для людини, одягненої в легкий літній одяг становить +23 °С, причому вона успішно пристосовується в діапазоні температур від +17 °С до +31 °С за тієї умови, що при мінімальній температурі використовується додатковий одяг, а при максимальній - він знімається.

Проведені дослідження дозволили виявити патологічні відхилення в організмі людини при температурах, що не входять у встановлений діапазон (табл. 1).

Таблиця 1 – Патологічні порушення здоров'я людини при впливі температур, що виходять за зону комфорту

Менше +17 °С	Більше +31 °С
Гіпертонія, гіпотермія, тахікардія, млявість, респіраторна інфекція, лінощі, депресія, сповільненість мислення	Гіпотонія, гіпертермія, тахікардія, серцева недостатність, гіпогідроз, гіпометоз, втома, лінощі, летаргія, підвищена дратівливість, погіршення пам'яті, депресія

У зв'язку з цим, забезпечення комфортних параметрів мікроклімату на рухомому складі є актуальною науково-технічною задачею.

На сучасному рухомому складі залізниць для обігріву кабін локомотивів і салонів пасажирських вагонів використовуються трубчасті або плоскі електричні нагрівачі. Їх використання призводить до суттєвих недоліків системи опалення, а саме: підвищена пожежо- і електробезпека, недовговічність електричних нагрівальних елементів, істотний перегрів нагрівальних елементів (250 ... 500 °С) призводить до погіршення параметрів мікроклімату салону за рахунок згорання аерозольних часток і попадання продуктів згорання в кабінку (салон). Використання в пасажирських вагонах далекого сполучення твердопаливних котлів також є достатньо вагомим чинником щодо підвищеної пожежної небезпеки.

Створення сучасного рухомого складу залізниць та, зокрема, систем підтримки комфортних параметрів мікроклімату кабін і салонів транспортних засобів, вимагає пошуку нових рішень, які дозволять забезпечити необхідні параметри і позбутися недоліків існуючих конструкцій. Крім того, слід звернути увагу на те, що розміщення любого обладнання на транспортних засобах пов'язана з обмеженнями за габаритними показниками, тому при проектуванні пристрою нагріву слід реалізувати його максимальну потужність при мінімальних масо-габаритних показниках.

Використання водяної системи опалення з облаштуванням пристрою гідродинамічного нагріву, який забезпечує активну дисипацію гідродинамічної енергії потоку рідини, дозволяє усунути недоліки, властиві існуючим конструкціям. Також аналіз показує, що при відносно невеликих габаритних розмірах реалізація високих напір-витратних параметрів і, відповідно, потужності, характерна для відцентрових насосів. Його потужність зростає при збільшенні витрати рідини, тому слід зробити висновок, що один із напрямків мінімізації масо-габаритних показників пристрою гідродинамічного нагріву пов'язаний із необхідністю розробки контуру циркуляції з мінімальним гідравлічним опором.

Схема пристрою гідродинамічного нагріву, що пропонується, наведена на рис. 1. Для досягнення реалізації максимальної потужності пристрою в мінімальних масо-габаритних показниках, його конструкція пропонується двоконтурною, в якій перший контур буде мати мінімальну довжину (з'єднання випускного та впускного патрубків насосу) і, відповідно, мінімальний гідравлічний опір, а другим буде контур споживача (трубопроводи і теплообмінні апарати кабіни або салону транспортного засобу). Другим напрямком мінімізації масо-габаритних показників пристрою гідродинамічного нагріву є широкий діапазон варіювання геометричних параметрів елементів відцентрових насосів, зокрема робочого колеса, та вимагає додаткових досліджень з метою визначення їх впливу на характеристики потужності.

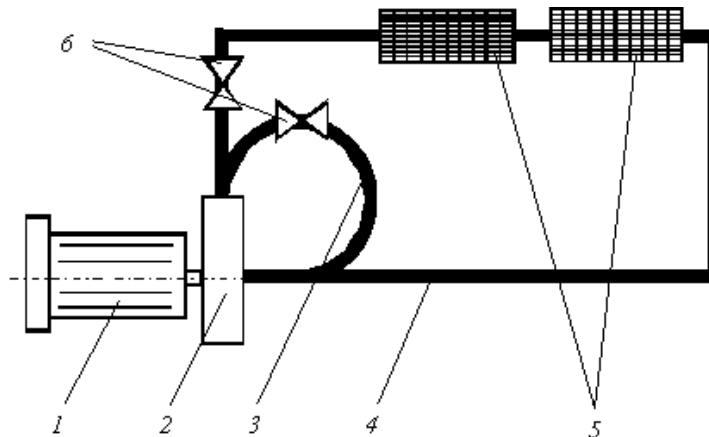


Рисунок 1 – Схема пристрою гідродинамічного нагріву:

1 - електродвигун; 2 - відцентровий насос; 3 - контур внутрішньої циркуляції; 4 - контур зовнішньої циркуляції (споживача); 5 - регулювальна арматура; 6 - теплообмінні апарати

Висновок. Проведений аналіз існуючих систем опалення кабін і салонів рухомого складу залізниць виявив, що вони мають суттєві недоліки. Одним із варіантів їх усунення є використання пристрою гідродинамічного нагріву. Також з'ясовано, що для використання пристрою даного типу на рухомому складі залізниць слід отримати його мінімальні масо-габаритні показники при реалізації максимальної потужності.

Література

1. Труфанова Технічне діагностування системи кондиціонування повітря в пасажирських вагонах / А. В. Труфанова, В. В. Шаблій, Я. І. Гавенда // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2016. - Вип. 164. – С. 118 – 126.
2. Білошицький Е.В. Удосконалення функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Дніпро, 2019. 20 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є розробка математичних моделей динамічних характеристик автоматичного електрогідравлічного привода з об'ємним регулюванням технологічного обладнання, а також структурних схем математичних моделей обладнання як об'єкта автоматичного керування.

Розширення функціональних можливостей та підвищення ефективності технологічного обладнання, зокрема, обладнання для механічної обробки матеріалів, може бути досягнуто розробкою та застосуванням систем автоматичного керування [1, 2]. Досягнення довільній кінематики робочого органу, можливості програмної реалізації

оптимальних законів його руху забезпечується застосуванням гідроприводів, зокрема, автоматичних електрогідравлічних приводів з об'ємним регулюванням в обладнанні потужністю понад 8 кВт [3, 4]. Застосування гідроприводу в технологічному обладнанні дозволяє спростити кінематику верстатів, знизити металоємність, підвищити точність, надійність та рівень автоматизації.

Широке використання гідроприводів визначається рядом їхніх істотних переваг перед іншими типами приводів і, перш за все, можливістю отримання великих зусиль та потужностей при обмежених розмірах гідродвигунів. Гідроприводи забезпечують широкий діапазон безступінчастого регулювання швидкості, можливість роботи в динамічних режимах з необхідною якістю перехідних процесів, а також захист системи від перевантаження та точний контроль діючих зусиль [5, 6]. У зв'язку з цим актуальним завданням для синтезу і дослідження систем автоматичного управління технологічним обладнанням є розробка достовірних математичних моделей робочих процесів, що протікають в електрогідравлічних приводах та враховують особливості технологічного призначення обладнання.

Адекватність розроблених математичних моделей процесу регулювання робочого об'єму насоса, а також гідроприводу в цілому підтверджена експериментально. Математичні моделі технологічного обладнання з гідроприводом як об'єктів автоматичного керування покладені в основу подальших досліджень по синтезу систем автоматичного керування обладнанням.

Література

1. Sokolov, V., Krol, O., Stepanova, O.: Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE (2018).
2. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кроль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецк: ВНУ им. В. Даля. – 2017. – 320 с.
3. Коваленко А.А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. – Луганск: ДонГАСА, 1999. - 137 с.
4. Кроль О.С., Соколов В.И. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.
5. Соколов В. І., Соколова Я.В. Автоматизація процесів керування технологічним обладнанням з електрогідравлічним приводом // Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля. – 2017. – № 7 (237). – С. 71 - 79.
6. Соколов В.І., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. – 160 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Гусаченко А.В., Дерезюк Р.В., Єпіфанова О.В., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Дифузійні процеси мають величезне значення у всіляких галузях науки і техніки [1-3]. У біології вони є визначальними в явищах проникності тканин, клітинних оболонок, дифузія визначає механізм і кінетику таких процесів, як окиснення, сорбція, конденсація, кристалізація. У техніці дифузія має численні застосування, визначаючи в значній мірі швидкість ряду виробничих процесів. Питання дифузії мають першорядне значення в завданнях техногенного забруднення навколишнього середовища, контролю викидів вентиляційними системами підприємств і атомних станцій шкідливих речовин.

Для аналізу дифузійних процесів у каналах вентиляційних систем запропонована узагальнена математична модель масопереносу в турбулентному потоці [4-6]. побудована

на базі моделі турбулентної течії при використанні k - ϵ гіпотези турбулентності та рівняння дифузії, перетвореного відповідно гіпотезі Фіка-Бусінеска.

Виконана оцінка впливу коефіцієнта молекулярної дифузії на загальний процес при турбулентній течії основного потоку, що показало можливість зневаги його величиною при числах Рейнольдса $Re > 10^4$, діапазон яких є робочим для промислових вентиляційних систем. Встановлена наявність автономної зони, коли довжина шляху вирівнювання концентрації не залежить від параметрів газового потоку.

Отримані аналітичні рішення процесів дифузії крапкового та кругового джерел домішки в круглому циліндричному каналі при допущенні рівномірного профілю швидкості, що дозволило встановити закономірності розподілу концентрації домішки по перетину каналу на різних відстанях від джерела. Форма представлення рівнянь дозволяє розглядати в якості вхідних параметрів безрозмірні перемінні і критерії, зокрема, дифузійне число Пекле.

Встановлені закономірності початкових етапів дифузії аерозолів в турбулентному потоці. Час індукційного періоду залежить від густини аерозольних часток, динамічної в'язкості основного потоку та діаметра часток. Час перехідного періоду однозначно не визначається властивостями аерозолів та основного потоку, а в ряді випадків може встановлюватися виходячи зі ступеня турбулентності потоку і величини дифузійного числа Пекле. Апроксимація коефіцієнта Лагранжевої кореляції основного потоку експонентною залежністю дозволила отримати вираз для коефіцієнта дифузії аерозолів, який є перемінним під час перехідного періоду.

Література

1. Sokolov, V.: Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems. In.: Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 63, 278-283. Springer, Cham (2019).
2. Соколов В.І., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Дифузійні процеси в системах вентиляції. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2018. – 148 с.
3. Соколов В.И. Математическая модель массопереноса в турбулентном потоке // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. - 2000. - № 8(30). - С. 125-129.
4. Коваленко А.А., Соколов В.И., Осенин Ю.И., Кондауров Е.Н. Аэрогидромеханика. Ч.3. Основы динамики сплошной среды. – Луганск: ВНУ, 2001. – 40 с.
5. Коваленко А.А., Соколов В.И., Осенин Ю.И., Кондауров Е.Н. Аэрогидромеханика. Ч.5. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. – Луганск: ВНУ, 2002. – 64 с.
6. Соколов В.И. Модель турбулентного потока в кольцевом цилиндрическом канале // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. - 2000. - № 1(23). – С. 57-61.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМИСЛОВИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

Поденежко А.В., Склярів Ю.А., Браславська О.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Складеною частиною будь-якого промислового підприємства є такі інженерно-технічні спорудження, як вентиляційні системи, що забезпечують необхідні санітарно-технічні норми у виробничих приміщеннях, безпеку праці та дотримання технологічних процесів [1-3].

На основі аналізу типових схем, конструктивних та технологічних особливостей промислових вентиляційних систем побудована методика декомпозиції систем вентиляції на типові розрахункові елементи, структури і зв'язки. Це дозволило запропонувати методи розрахунку характеристик газоповітряних потоків вентиляційних систем, що дозволяють удосконалювати промислові системи вентиляції та прогнозувати їх викиди на основі математичного моделювання [4-6].

Якщо виділити в довільній вентиляційній системі відповідно вищевикладеній методиці типові розрахункові елементи, конструктивні вузли і замкнуті контури, то в загальному випадку будемо мати KU вузлів і KK замкнутих контурів. Тоді, для всієї системи можна скласти узагальнену математичну модель, в котру ввійдуть KU рівнянь нерозривності (балансу витрат) у вузлових точках, KK рівнянь витрат тиску в замкнутих контурах системи, $KU-1$ рівнянь зв'язку повних тисків у вузлових точках.

Використання запропонованої узагальненої математичної моделі для розрахунку параметрів стаціонарного режиму довільної системи передбачає завдання наступних вхідних даних: схема розташування елементів у системі; геометричні характеристики ділянок повітроводів і коефіцієнти встановлених місцевих опорів; аеродинамічні характеристики запірно-регулюючих пристроїв; характеристики джерел напору; висотні відмітки і значення температури у вузлових точках; фізичні властивості робочого середовища; граничні умови (величини тисків і температури в місцях забору і викиду робочого середовища). Виконаний аналіз і обґрунтування чисельних методів розрахунку характеристик вентиляційних систем на узагальненій математичній моделі. Розглянуто методи Ньютона та Зайделя, метод ітерацій і половинного ділення.

Для багатолінійних вентиляційних систем з єдиним вихідним каналом побудована типова розрахункова схема та деталізована узагальнена математична модель, на основі чого запропонований метод розрахунку параметрів подібних систем і розроблений алгоритм чисельної процедури.

Література

1. Соколов В.И. Аэродинамика газовых потоков в каналах сложных вентиляционных систем. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 200 с.
2. Соколов В.И., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Дифузійні процеси в системах вентиляції. – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2018. – 148 с.
3. Sokolov, V.: Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems. In.: Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 63, 278-283. Springer, Cham (2019).
4. Коваленко А.А., Соколов В.И., Осенин Ю.И., Кондауров Е.Н. Аэрогидромеханика. Ч.3. Основы динамики сплошной среды. – Луганск: ВНУ, 2001. – 40 с.
5. Коваленко А.А., Соколов В.И., Осенин Ю.И., Кондауров Е.Н. Аэрогидромеханика. Ч.5. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. – Луганск: ВНУ, 2002. – 64 с.
6. Соколов В.И. Математическая модель массопереноса в турбулентном потоке // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. - 2000. - № 8(30). - С. 125-129.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

Степанова О.Г., аспірант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень показників та характеристик процесів регулювання швидкості обертального руху вихідної ланки об'ємного гідроприводу технологічного обладнання, оцінка ефективності способів регулювання швидкості вихідної ланки.

Аналітичні методи оцінки показників та характеристик процесів регулювання гідроприводів не набули широкого поширення в силу їх складності [1-3]. Результати теоретичних розрахунків є наближеними та мають значну похибку, крім того, отримані аналітично математичні залежності потребують перевірки адекватності, яка може бути виконана тільки на основі експериментальних досліджень [4-6]. Експериментальні методи отримали розповсюдження при оцінці показників ефективності автоматичних електрогідравлічних приводів.

В роботі представлений стенд для проведення експериментальних досліджень ефективності способів регулювання швидкості обертального руху вихідної ланки об'ємного гідравлічного приводу технологічного обладнання. Розглянута методика експериментальних досліджень та обробки дослідних даних. Експериментальний стенд складається з наступних вузлів: насосна установка, що включає насос, приводний електродвигун, датчик частоти обертання, запобіжний клапан та динамометр; установка гідромотора та гідрогальма з датчиком частоти обертання та динамометром; пульт управління, на якому встановлені дроселі, регулятор потоку, фільтр, манометри, панелі датчиків частот обертання та імпульсів електромережі; допоміжна насосна станція типу Г48-32; система трубопроводів; система електроживлення та управління. Стенд має два гідравлічні контури: контур гідроприводу, що випробується, із замкнутою циркуляцією рідини та контур гідрогальма з розімкнутою циркуляцією рідини.

На основі аналізу експериментальних залежностей коефіцієнта корисної від глибини регулювання показано перевагу регулювання швидкості вихідної ланки зміною робочого об'єму насоса у порівнянні з дросельним способом регулювання.

Література

1. Sokolov, V., Krol, O., Stepanova, O.: Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE (2018).

2. Соколов В.И. Нестационарное трение в гидросистемах станков / В.И. Соколов, Т.Я. Таванюк, Я.В. Соколова // Весн. СевНТУ. Серія «Машиноприборостроение и транспорт». – Севастополь: СевНТУ, 2010. - № 107. – С. 214 - 219.

3. Соколов В. І., Соколова Я.В. Автоматизація процесів керування технологічним обладнанням з електрогідравлічним приводом // Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля. – 2017. – № 7 (237). – С. 71 - 79.

4. Коваленко А.А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. – Луганск: ДонГАСА, 1999. - 137 с.

5. Гусенцова Я.А., Андрийчук К.Н., Коваленко А.А., Соколов В.И. Системы вентиляции: Моделирование, оптимизация. - Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2005. – 192 с.

6. Кроль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.

ВПЛИВ РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ У АПАРАТАХ НА ЇХ ТЕПЛО– ТА МАСООБМІННУ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Копанев Д.Ю., Савицький М.О., Андриющенко С.В., Москалик В.М., к.т.н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Розподіл потоку усередині промислового апарата суттєво впливає на його тепло- та масообмінну здібність. Так у абсорбері очищення конвертованого газу від двооксиду вуглецю агрегату аміаку передбачається боковий ввід газу з поворотом угору, що є основним фактором нерівності потоку під шаром насадки. В контактному апараті одержання нітратної кислоти та в реакторі одержання метанолу реакційні гази подають аксіально. У першому випадку розподіл газу за поперечним перерізом апарата досягається встановленням допоміжної розподільної решітки, яка створює додатковий гідравлічний опір. У другому випадку газ розподіляється за допомогою лопатного розподільника встановленого у підвідному газ патрубку. Обидва реактора мають вузький діапазон роботи навантаження за газом, що обмежує продуктивність вказаних агрегатів.

Пропонується [1] новий спосіб розподілу потоку газу, який оснований на принципі самоорганізації. Поставлена задача досягається завдяки тому, що в пристрої для однорідного розподілу газу в тепло- та масообмінних апаратах, що включає корпус з

вмонтованим патрубком для введення газу і над патрубком напрямну будову, яка спрямовує газ на контактні елементи, новим є те, що напрямна будова являє собою глуху для рідини тарілку з вертикально вмонтованими саморегулюючими витрату газу клапанами, які виконані в вигляді патрубків, нижній зріз яких розташовано нижче полотна глухої тарілки, а в середині патрубків розміщені дифузори зі зменшеними по потоку входними отворами, де здійснюється змінне саморегулююче стиснення перерізу потоку, нижчий зріз першого по потоку дифузора не нижче зрізу патрубка, до того ж входні отвори дифузорові обладнані короткими циліндричними вставками, внутрішні твірні котрих створюють конфузори.

Пристрій складається з корпусу, патрубка вводу газу, глухої для рідини тарілки і саморегулюючих витрату газу клапанів, які, в свою чергу, складаються з патрубків, в яких розташовані дифузори та зі зменшеними по потоку входними отворами, в середині яких змонтовані короткі циліндричні вставки, внутрішні твірні котрих створюють конфузори. Пристрій працює наступним чином. Газ подають через патрубок, що змонтований у корпусі, у внутрішній об'єм апарата під глуху для рідини тарілку. Газ розподіляється по саморегулюючим клапанам. При вході газу в саморегулюючий клапан між внутрішньою стінкою патрубка і зовнішньою стінкою дифузора утворюється зворотний струм, який формує поперечний переріз потоку, що визначає об'ємну витрату газу. Чим більше газу входить до саморегулюючого клапана, тим більший зворотний струм і менший поперечний переріз потоку і навпаки, чим менше входить газу до саморегулюючого клапана, тим менший зворотний струм і більший поперечний переріз потоку. Аналогічне аеродинамічне явище спостерігається між внутрішньою стінкою патрубка і зовнішньою стінкою дифузора. Короткі циліндричні вставки, які змонтовані у середині входних отворів дифузорові, з одного боку формують потік, а з другого – зменшують гідравлічний опір. Таким чином, початковий неоднорідний потік газу, що утворився під глухою для рідини тарілкою, буде однорідно розподілений по саморегулюючим клапанам, внаслідок змінного стиснення в них перерізів потоків.

Література

1. Патент України 78789 U, МКИ В01D 3/04, В01D 3/16, В01D 3/32, В01D 53/14, В01F 3/02, В01F 3/04. Пристрій для однорідного розподілу пари (газу). // В.М. Москалик. – № u201213717; Заявл. 30.11.2012; Опубл. 25.03.2013. Бюл. № 6. – 5 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИНЯТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НА УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Савельев В.В. ст.гр. ЭПС-15д

Лория М.Г., к.т.н., доцент, Асманкина А.А., аспирант .

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля.

Целью данной работы является изучение влияния конструкции тепловой установки на эффективность её работы.

Установка предназначена для отопления жилых помещений и нагрева воды, она может как внедряться в систему «Умный дом», так и работать автономно, и управляться через специальное приложение на смартфоне. Устройство работает по принципу забора тепла из одной емкости с водой, при помощи хладагента в медных трубках и работе обычного компрессора бытового холодильника, что приводит к нагреву воды в другой емкости.

Первоначально, установка состояла из следующих компонентов: компрессор, две емкости с водой, медные трубки, два манометра (вход и выход системы), хладагент R 134a, а также 6 датчиков для снятия показаний (температура воды в обеих емкостях, температуры трубок входа и выхода из компрессора, температура на входе капилляра, температура компрессора).

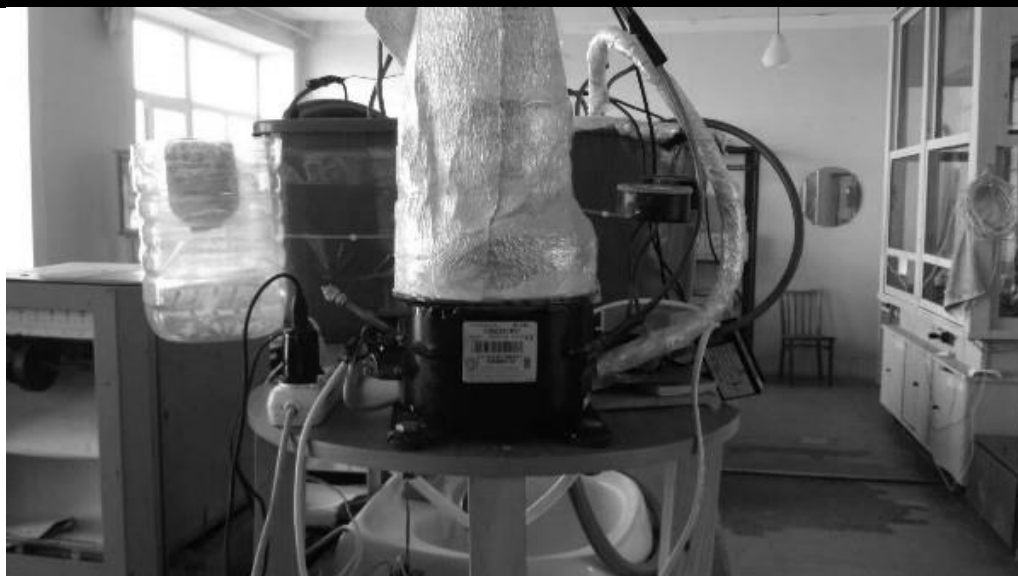


Рис.1 – Лабораторная теплонасосная установка

Средний показатель температуры нагретой воды в емкости при снятии показаний тепла был равен 40-50° С при нагреве компрессора до 60-80° С.

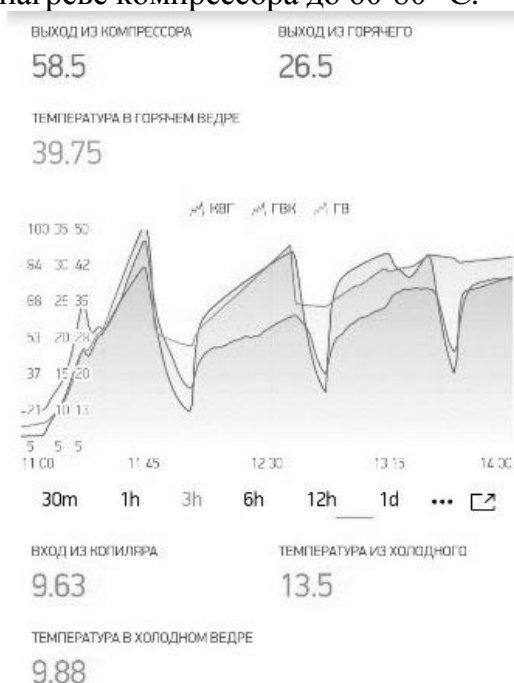


Рис.2 – Пример показаний отображающихся на экране.

К недостаткам первичной конструкции установки можно отнести неэффективный подвод нагрева воды с вершины емкости. Целесообразнее нагревать воду от основания ёмкости, чтобы тепло поднималось вверх. Также отсутствие перемешивания подогреваемой воды в емкости приводило к чрезмерному повышению давления в трубках системы.

После того, как установка была переконструирована с учётом вышеперечисленных проблем, был добавлен второй компрессор (обыкновенный аквариумный компрессор), который существенно понижал давление путём перемешивания воды. Были перепаяны и заизолированы трубки на выходе из компрессора, которые были предназначены для передачи тепла. Также был заизолирован сосуд с нагреваемой водой. Это позволило предотвратить некоторые тепловые потери.



Рис.3 – Усовершенствованная лабораторная установка.

Показатель температуры в сосуде с горячей водой вырос до 50°C , что увеличило эффективность нагрева на $\approx 35\%$.

Как видно из всего вышеописанного, внедрённые конструктивные решения позволили устранить ряд проблем и существенно увеличить эффективность работы установки. В дальнейшем будет внесено еще больше изменений, которые будут призваны улучшить качество её работы.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАЛОВ И МУФТ КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Неженцев А.Б. к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Для выполнения погрузочно-разгрузочных операций, монтажных и ремонтных работ в химической промышленности, наиболее часто применяются краны мостового типа (мостовые и козловые). Переходные процессы указанных кранов сопровождаются большими динамическими нагрузками, что приводит к уменьшению долговечности элементов приводов и металлоконструкций, а также к снижению производительности кранов из-за раскачивания грузов и увеличения длительности рабочего цикла.

Одним из путей формирования переходных режимов грузоподъемных кранов, оптимальных по динамическим нагрузкам и быстродействию, является применение крановых валов и муфт из композиционных материалов с заранее заданными упруго-вязкими характеристиками. Решение указанной задачи базируется как на использовании преимуществ композитов по сравнению с традиционными металлами в значительно более широком диапазоне упруго-вязких характеристик и более высокой удельной прочности (в 2,5 - 3 раза), так и за счет применения оригинальных конструктивных решений (например, объединение быстроходного вала-вставки с двумя полумуфтами на концах в один неразъемный элемент из композиционного материала).

Цель работы: поиск оптимальных параметров валов и муфт крановых механизмов из композиционных материалов.

Для достижения указанной цели для механизмов подъема и передвижения мостового крана грузоподъемностью 20/5 т были решены две задачи параметрической оптимизации. Первая задача состояла в определении оптимальных по динамическим нагрузкам и быстродействию упруго вязких характеристик быстроходных валов-вставок. Для ее решения на многомассовых математических моделях мостового крана была выполнена оптимизация методом крутого восхождения при разгоне и торможении

механизмов подъёма и передвижения. В качестве критерия оптимизации использована обобщенная функция желательности Харрингтона, включающая максимальные динамические нагрузки на металлоконструкцию крана и канаты, время переходного режима и максимальную амплитуду раскачивания груза. Интегрирование системы дифференциальных уравнений, описывающей переходные процессы мостового крана численным методом с помощью разработанной программы (в среде Делфи) позволяет с высокой точностью рассчитывать значения перемещений, скоростей и ускорений приведенных масс, нагрузок металлоконструкции и груза.

Решение второй задачи было направлено на определение оптимальных конструктивных и технологических параметров, а также химсостава элементов из композитов, обладающих заданными оптимальными упруго-вязкими характеристиками. В качестве варьируемых факторов использовались: геометрические размеры элементов, количество армирующих волокон, их взаимное расположение, углы навивки, процентное содержание отдельных химических элементов в волокнах и наполнителе. На прочностные параметры накладывались односторонние ограничения, а максимальные геометрические размеры ограничивались введением соответствующих штрафных функций.

Применение разработанных быстроходных валов из композиционных материалов с оптимальными характеристиками позволит снизить уровень динамических нагрузок на механизмы и металлоконструкции кранов, сократит время рабочего цикла и улучшит условия работы операторов кранов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ И НАГРЕВА ГАЗОПОРШКОВОЙ НЕРАСЧЕТНОЙ СТРУИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА В ПОЛОСТИ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА

Куземко Р.Д.¹, к.т.н., доцент, Козловцев С.В.², начальник конвертерного цеха, Васенев К.В.¹, аспирант, Папазова О. Л.³, директор, Лухтура Ф. И.¹, ст. препод., Гулак С. А.¹, студ.

¹ ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

² ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича».

³ Общеобразовательная школа № 7.

Актуальность проблемы. Современные технологии производства стали включают, как крайне важный способ повышения стойкости футеровки кислородных конвертеров – наращивание защитного шлакового гарнисажа. Однако многие вопросы этой энерго – и ресурсосберегающей технологии еще до конца не изучены.

Цель исследования – провести численные расчеты и установить связь между среднемаксимальной скоростью и температурой по длине сверхзвуковой газопорошковой нерасчетной струи с учетом постоянно изменяющейся температуры газа в полости конвертера.

Математическая модель. Совместно решали уравнение постоянства количества движения и уравнение энергии для азотопорошковой струи с учетом присоединения ею азота и шлака из полости конвертера. Из уравнения энергии легко получить, что среднемаксимальная температура сверхзвуковой нерасчетной струи в произвольном сечении xx может быть представлена в виде:

$$T_x = (m_{12} c_{p12} T_{12} + \alpha_{12} m_{12} w_{12}^2 / 2 + m_{\Gamma} c_{p\Gamma} T_{\Gamma} + m_{ш} c_{pш} T_{ш} - \alpha_x m_x w_x^2 / 2) / m_x c_{p_x}$$

Одновременно решали уравнения по определению присоединенной массы запыленного газа из полости конвертера к сверхзвуковой струе, имеющей ударноволновую структуру. Модель включает более 30 алгебраических уравнений, где параметры в приведенных уравнениях и далее обозначены: p_o , t_o – давление и температура

перед соплом, m_{12} – массовый расход газопорошковой смеси, $c_{p_{12}}$ – теплоёмкость газозвеси, и w_{12} , T_{12} – скорость истечения и температура азотопорошковой струи на выходе из сопла Лавалья, $\alpha_{12} = \alpha_x$ – коэффициент кинетической энергии струи, m_r – масса газа, присоединяемого струей из полости конвертера, c_{p_r} – изобарная теплоемкость присоединяемого газа, T_r – температура газа в полости кислородно конвертера, $m_{ш}$, $T_{ш}$, $c_{p_{ш}}$ – масса, температура и теплоемкость присоединяемого шлака, m_x , w_x , c_{p_x} – масса, скорость и теплоемкость в сечении xx , ρ_n – плотность азота при н.у., V_n – объемный расход при н.у., $\mu = m_2 / m_1$ – массовая концентрация порошка в газозвеси, $d_{кр}$, d_1 – диаметр сопла в критическом и выходном сечениях, $g_{ш} = m_{ш} / (m_1 + m_2)$ – относительная присоединенная масса шлака, Ψ – коэффициент скольжения твердых частиц и газа, $\Psi_{шл}$ – коэффициент скольжения шлака.

Во время раздувки шлака температура в полости конвертера снижается начиная с $1600\text{ }^\circ\text{C}$. Из рисунка следует, что, например, на расстоянии $\bar{x} = 15$ калибров уменьшение температуры t_r с $1600\text{ }^\circ\text{C}$ до $400\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к падению скорости w_x с 320 м/с до 250 м/с , а среднемассовая температура при этом снижается с $660\text{ }^\circ\text{C}$ до $437\text{ }^\circ\text{C}$. Это объясняется тем, что струя внедряется в более холодную и, по этой причине, в более плотную среду.

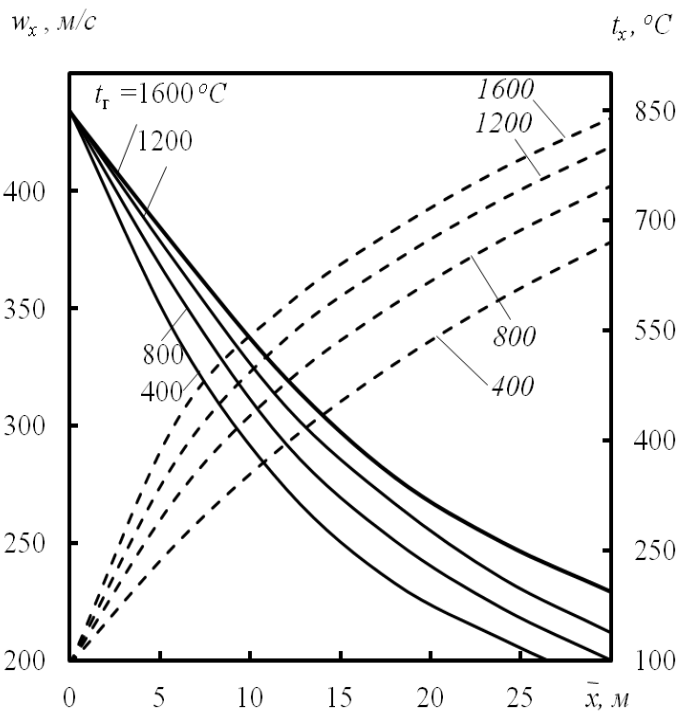


Рисунок. Влияние температуры t_r в полости конвертера на среднемассовые значения скорости w_x (—) и температура t_x (---) газопорошковой струи при разном удалении от среза сопла. Исходные данные: $t_o = 200\text{ }^\circ\text{C}$, $\mu = 0,3\text{ кг/кг}$, $g_{ш} = 0,5$, $\Psi = 0,8$, $\Psi_{шл} = 0,8$, $V_n = 100\text{ м}^3/\text{мин}$, $d_{кр} = 32\text{ мм}$, $d_1 = 49\text{ мм}$, $m_2 = 37,5\text{ кг/мин}$, $\rho_n = 1,25\text{ кг/м}^3$, $p_o = 1,25\text{ МПа}$.

Новизна научного исследования – совместное решение уравнений позволило выполнить моделирование сложнейших газотермодинамических процессов в полости конвертера и при освоении новейших технологий установить влияние ~ 10 параметров на ~ 11 факторов и физических воздействий.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОШКА И ТЕМПЕРАТУРЫ НЕСУЩЕГО ГАЗА НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗАПОРОШКОВОЙ СТРУИ В РАСПЛАВ МЕТАЛЛА КОВША

Куземко Р.Д.¹, к.т.н. доцент, Шевченко Т. Г.², директор, Козловцев С.В.², начал. конвертерного цеха, Папазова О. Л.³, директор, Кравченко В. П.¹, доцент., к.т.н.

¹ ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

² ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича».

³ Общеобразовательная школа № 7.

Актуальность проблемы. Опыт, накопленный ведущими металлургическими комбинатами мира, показал, что высокую чистоту чугуна и стали можно получить при использовании инъекционной подачи сильных рафинирующих порошков в расплав ковша на всю его глубину. Увеличение глубины проникновения газопорошковой струи в расплав – необходимое условия для ускорения его перемешивания.

Цель и задачи исследования – используя систему дифференциальных и алгебраических уравнений движения и теплообмена сложного газодисперсного потока в фурмах для инъекционной продувки расплавов выявить и обсудить влияние концентрации порошка и нагрева газозвеси на заглубление двухфазной струи в расплав на различной его глубине.

Математическая модель. Для численных исследований использовали, например, систему соотношений в форме:

– уравнения совместного движения твердой и газообразной фаз

$$G_1 \frac{dw_1}{dx} + G_2 \frac{dw_2}{dx} = -\frac{dp}{dx} - F_{1w} - F_{2w} + g(\varepsilon_1 \rho_1 + \varepsilon_2 \rho_2) \cos \alpha; \quad (1)$$

– уравнения энергии для несущего газа

$$G_1 \frac{d}{dx} \left(h_1 + \frac{w_1^2}{2} \right) = Q_{1w} - Q_{12} + F_{12} (w_1 - w_2). \quad (2)$$

Суммарный импульс газозвеси оценивали как

$$I_{12} = m_{12} w_{12} = \rho_n V_n \left(1 + \psi \frac{\varepsilon_2 \rho_2}{\varepsilon_1 \rho_1} \right) w_{12}. \quad (3)$$

Глубину проникновения газопорошковой струи $h_{стр}$ определяли по формуле

$$h_{стр} = 3,323 \sqrt{\frac{I_{12}}{\rho_{жс} g}}. \quad (4)$$

Систему дифференциальных уравнений дополняли алгебраическими уравнениями – их ~ 40 ур. В (1) – (4) приняты следующие обозначения: w , ε , h , ρ , p – скорость, объемная доля газа или частиц, энтальпия, плотность, давление; G_1 , G_2 – приведенный расход газа и порошка; F_{12} – сила межфазного взаимодействия; F_{1w} , F_{2w} – сила трения газа и частиц о стенку фурмы; Q_{1w} , Q_{12} – теплота, передаваемая от стенки фурмы к газу и теплота межфазного взаимодействия; ρ_n – плотность газа при нормальных условиях; g – ускорение земного притяжения; V_n – объемный расход при нормальных физических условиях; l – длина сопла; f – коэффициент формы частиц; ψ – коэффициент скольжения фаз; $\rho_{жс}$ – плотность расплава. Индексы обозначают параметры: 1 – несущего газа, 2 – порошка, 12 – газозвеси.

Результаты расчетов и их анализ. Из рисунка видно, что при принятых условиях (см. подрисуночную подпись) при $t_1 = 50^\circ\text{C}$ с увеличением массовой концентрации μ , например, с 10 до 70 кг/кг возрастает и заглубление $h_{\text{стр}}$ в расплав с 0,21 м до 0,39 м. При этих же условиях объемная доля газовой фазы ε_1 уменьшается с 0,99 до 0,916. Эти результаты подтверждаются также, если решать уравнения неразрывности для каждой из фаз.

Из приведенного рисунка следует, что нагрев газовой смеси приводит к существенному увеличению $h_{\text{стр}}$ и к снижению объемной доли ε_1 . Причина – увеличение скорости несущего газа с повышением температуры t_1 . Так, при $\mu = 70$ кг/кг повышение температуры t_1 с 50°C до 600°C позволяет увеличить заглубление струи с 0,39 м до 0,55 м.

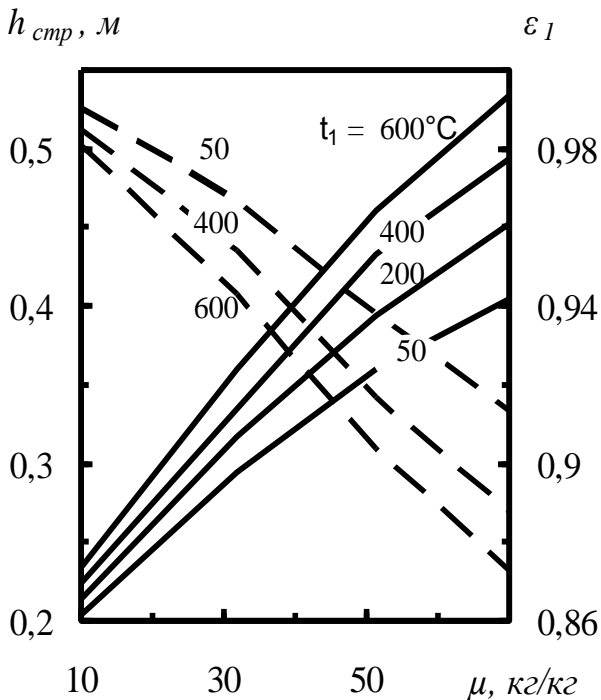


Рисунок. Влияние концентрации порошка μ и температуры t_1 в выходном сечении сопла фурмы на заглубление $h_{\text{стр}}$ (—) в расплав и объемную долю ε_1 (---) газовой фазы. Исходные данные: $\delta = 0,1$ мм, $l = 100$ мм, $f = 1,3$, $m_2 = 44$ кг/мин, $V_n = 70$ м³/ч.

Численные расчеты дали возможность установить, что нагрев несущего газа – самый эффективный метод увеличения заглубления газопорошковой струи в расплав и увеличения мощности перемешивания.

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА ГАЗОНОСИТЕЛЯ ПЕРЕД СОПЛОМ НА ПАРАМЕТРЫ СВЕРХЗВУКОВОЙ НЕРАСЧЕТНОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЕЁ В ШЛАКОВЫЙ РАСПЛАВ 160 т КОНВЕРТЕРА

Куземко Р.Д.¹, к.т.н., доцент, Козловцев С.В.², начальник конвертерного цеха, Васенев К.В.¹, аспирант, Папазова О. Л.³, директор, Лухтура Ф. И.¹, ст. препод., Гулак С. А.¹, студ.

¹ ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

² ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича».

³ Общеобразовательная школа № 7.

Актуальность проблемы. Важнейшей проблемой технологии производства стали в кислородных конвертерах является снижение её себестоимости. При внедрении новейшей технологии – защиты футеровки от износа – решаются две фундаментальные задачи – радикально повышается стойкость футеровки и существенно уменьшаются выбросы шлака в окружающую среду.

Цель исследования – используя систему уравнений движения и теплообмена при раздувке шлака газопорошковой смесью аналитически установить влияние важнейших факторов на газодинамические характеристики нерасчетной сверхзвуковой газопорошковой струи.

Математическая модель. Она основана на совместном решении целого ряда фундаментальных уравнений движения газопорошковой струи, которая истекает из расширяющего сопла Лавалья и внедряется в шлаковый расплав кислородного конвертера. Например, уравнение движения сложного газодисперсного потока в полости конвертера с учетом присоединения как горячего конвертерного газа, так и шлака использовали в форме:

$$w_x^2 \rho_x F_x = w_1^2 \rho_1 F_1 + F_1(p_1 - p_r) - F_x(p_x - p_r) - w_{ш}^2 \rho_{ш} F_{ш}, \quad (1)$$

Степень нерасчетности сверхзвуковой газопорошковой струи определяли по уравнению:

$$n = ((1 + (\kappa - 1)M_i^2 / 2) / (1 + (\kappa - 1)M_1^2 / 2))^{\kappa / (\kappa - 1)}. \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2) и в подрисуночных подписях приняты следующие обозначения: p_1, ρ_1, w_1, F_1 – статическое давление, плотность и скорость в выходном сечении сопла и его площадь, p_x, ρ_x, w_x, F_x – те же параметры в произвольном сечении x , κ – показатель политропы двухфазного потока, M_1, M_i – числа Маха в выходном сечении сопла и на границе сверхзвукового ядра струи, $\mu = m_2 / m_1$ – массовая концентрация порошка в газозвеси, t_r – температура газа в полости конвертера, $g_{ш} = m_r / (m_1 + m_2)$ – относительная присоединенная масса шлака, Ψ – коэффициент скольжения твердых частиц и газа, $\Psi_{шл}$ – коэффициент скольжения шлака, V_n – объемный расход азота при н.у., $d_{кр}$ – диаметр сопла в критическом сечении, d_1 – диаметр сопла в выходном сечении, m_2 – массовый расход порошка, \bar{x} – относительная длина струи.

При численном решении использовали несколько десятков уравнений, описывающих сложную модель присоединения газа и шлака к сверхзвуковой газопорошковой струе.

Как следует из рисунка, чем выше температура t_0 газозвеси перед соплом, тем больше среднемассовые значения скорости w_x и температуры t_x при любом коэффициенте скольжения $\Psi_{шл}$ шлака. Так, например, если $\Psi_{шл} = 0,7$, а t_0 увеличивается с 50°C до 600°C , то скорость w_x возрастает с 300 м/с до 500 м/с , а температура t_x повышается с 575°C до 860°C . Рост скорости w_x в 1,6 раза позволяет увеличить мощность N_x пяти струй фурмы более, чем в 12 раз.

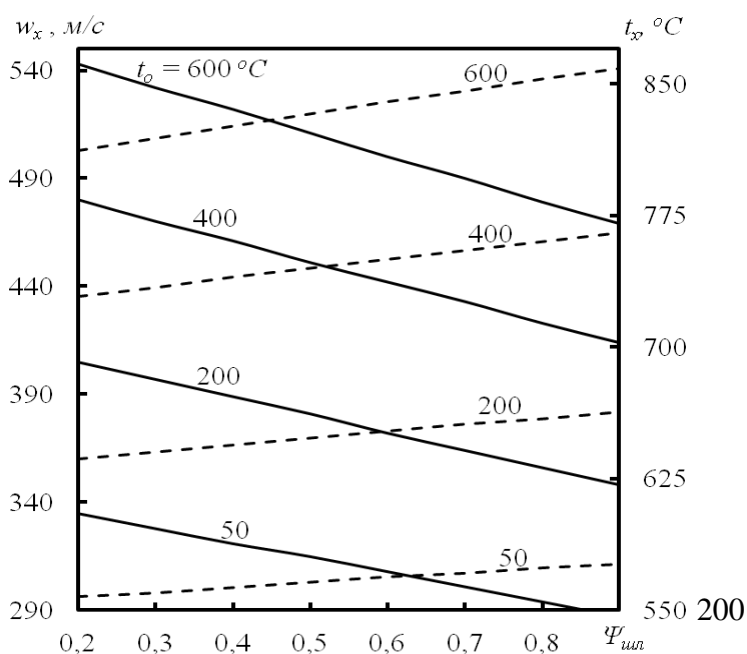


Рисунок. Зависимость скорости w_x (—) и температуры t_x (---) от коэффициента скольжения шлака $\Psi_{шл}$ при различной температуре торможения t_0 . Исходные данные: $\mu = 0,3 \text{ кг/кг}$; $t_r = 1500^\circ\text{C}$; $g_{ш} = 0,2$; $\Psi = 0,8$; $V_n = 100 \text{ м}^3/\text{мин}$; $d_{кр} = 32 \text{ мм}$; $d_1 = 49 \text{ мм}$; $m_2 = 37,5 \text{ кг/мин}$; $\bar{x} = 30$.

Новизной является то, что разработанная модель позволяет установить влияние концентрации μ порошка, температуры t_0 перед фурмой, температуры газа t_r в полости конвертера, присоединения конвертерного газа и шлака к сверхзвуковой струе на динамические характеристики газопорошковой струи, внедряющейся в шлаковый расплав.

Моделирование сложнейших процессов в полости кислородного конвертера существенно ускорить внедрение высоких технологий в металлургии.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЧАСТИЦ НА ЗАГЛУБЛЕНИЕ ГАЗОПОРШКОВОЙ СТРУИ ПРИ РАФИНИРОВАНИИ МЕТАЛЛА В КОВШЕ

Куземко Р.Д.¹, к.т.н. доцент, Шевченко Т. Г.², директор, Козловцев С.В., нач. конвертерного цеха, Калинин В.В.³, д. ф.- м. наук, проф., Черненко А. С.³, к. ф.- м. наук, доцент, Житаренко В. М.¹, ст. препод.

¹ ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

² ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича».

³ Одесский национальный университет им. Мечникова.

Актуальность проблемы. Получить качественный металл без ковшевой обработки чугуна и стали невозможно. Продувку газопорошковыми смесями ведут с помощью погружаемой в расплав фурмы. Наиболее важная задача – обеспечить максимальную работу перемешивания расплава струями и всплывающими пузырями.

Цель исследования. Используя систему многопараметрических дифференциальных и алгебраических уравнений, установить влияние формы частиц и нагрева газозвеси перед соплом на заглубливание газопорошковой струи в расплав и давление перед соплом.

Методы исследования. Определить на глубине h скорости несущего газа w_1 и частиц порошка w_2 , импульс и мощность газонесителя I_1 , N_1 и порошка I_2 , N_2 , концентрацию газовой g_1 и твердой g_2 фаз, среднюю плотность газозвеси ρ_{12} и среднюю скорость газозвеси w_{12} , глубину h_{cmp} проникновения истекающей в расплав газопорошковой струи.

Математическая модель. Систему уравнений квазиодномерного, нестационарного двухфазного течения в двухскоростном, двухтемпературном приближении использовали в виде:

– уравнения движения твердой примеси

$$\varepsilon_2 \rho_2 w_2 \frac{dw_2}{dx} = -\varepsilon_2 \frac{dp}{dx} + F_{12} - F_{2w} + g \varepsilon_2 \rho_2; \quad (1)$$

– уравнения энергии для несущего газа

$$\varepsilon_1 \rho_1 w_1 \frac{d}{dx} \left(h_1 + \frac{w_1^2}{2} \right) = Q_{1w} - Q_{12} + F_{12} (w_1 - w_2). \quad (2)$$

Среднемассовую скорость газозвеси определяли по формуле

$$w_{12} = \sum g_i w_i = g_1 w_1 + g_2 w_2. \quad (3)$$

Импульс газопорошковой струи рассчитывали по уравнению:

$$I_{12} = m_{12} w_{12} = \rho_H V_H \left(1 + \psi \frac{\varepsilon_2 \rho_2}{\varepsilon_1 \rho_1} \right) w_{12}. \quad (4)$$

Глубину проникновения струи h_{cmp} определяли по формуле

$$h_{cmp} = 3,323 \sqrt{\frac{I_{12}}{\rho_{жс} g}} \quad (5)$$

В формулах (1) – (5) приняты следующие обозначения: w , ε , h , ρ , p – скорость, объемная доля газа или частиц, энтальпия, плотность, давление; F_{12} – сила межфазного взаимодействия; F_{2w} – сила трения частиц о стенку; Q_{1w} , Q_{12} – теплота, передаваемая от стенки фурмы к газу и теплота межфазного взаимодействия; ρ_n – плотность газа при нормальных условиях; V_n – объемный расход при нормальных физических условиях; ψ – коэффициент скольжения фаз. Индексы обозначения параметры: 1 – несущего газа, 2 – порошка, 12 – газозвеси.

Результаты расчетов и их анализ. Из рисунка следует, что чем больше форма частиц отличается от шарообразной (больше f), тем выше давление p перед соплом при любой температуре несущего газа t_1 на выходе из фурмы. Например, если $t_1 = 50^\circ\text{C}$ и $f = 1$, то давление p перед фурмой составляет 0,35 МПа, а при $f = 2$ оно возрастает до 0,6 МПа. Видно так же, что увеличение температуры t_1 несущего газа с 50°C до 600°C приводит к росту давления p перед соплом с 0,35 МПа до 0,8 МПа, а если в расплав втекает газозвесь при $f = 2$, то давление повышается 0,6 МПа до 1,3 МПа.

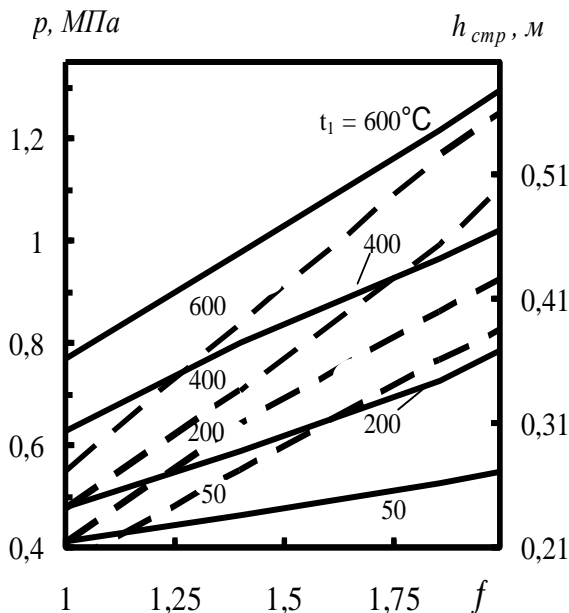


Рисунок. Зависимость давления p (—) перед соплом фурмы и глубины струи в металле $h_{стр}$ (---) от коэффициента формы частиц f и температуры t_1 на выходе из сопла. Исходные данные: $D = 10$ мм, $\delta = 0,1$ мм, $l = 100$ мм, $f = 1,3$, $m_2 = 44$ кг/мин, $V_n = 70$ м³/ч, $\mu = 30$ кг/кг.

Если парусность частиц увеличивается, то коэффициент динамического скольжения фаз $\psi = w_2 / w_1$ возрастает, а ε_2 снижается. Тогда, как это следует из уравнения неразрывности для твёрдой фазы $m_2 = \varepsilon_2 \rho_2 w_2 S$, частицы в потоке ускоряются, и заглубления $h_{стр}$ возрастает. Например, если коэффициент f повысить с 1(шар) до 2(пластина), то при $t_1 = 400^\circ\text{C}$ давление p перед соплом увеличивается с 0,64 МПа до 1,1 МПа, а $h_{стр}$ повышается с 0,225 мм до 0,36 мм.

Так как в настоящей работе газопорошковый поток в фурмах разделен пофазно, то впервые удалось установить влияние формы частицы на заглубление потока в металлический расплав.

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО ФІЗИКИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІБРАЦІЙНИХ ЦИКЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З РІЗНИМИ СПЕКТРАМИ КОЛИВАНЬ

Міцик А.В., к.т.н., доцент, Білозір В.Р.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У процесах, заснованих на вібраційному впливі, енергія коливань повідомляється порціями або квантами за принципом найменшої дії, має нелінійні основні та привідні

зв'язки і може розглядатися як квантова. Отже, узагальнений підхід до природи вібраційних процесів передбачає розгляд фізики таких процесів з позиції класичної фізики та квантової механіки.

У число загальних ознак вібраційних систем входять: привід, тобто джерело коливань; робочий простір, в межах якого реалізується енергія коливань і здійснюється вібраційний вплив на об'єкт обробки, тобто середовище, деталі та інше; амплітудно-фазово-частотні характеристики і траєкторія коливання.

Для вібраційних процесів традиційної та мільтиенергетичної обробки характерні хвильові явища. Всім хвилям, незалежно від їх характеру та властивостей, притаманні загальновогнвові закономірності, відображення та заломлення на межі поділу, рефракція при поширенні в плавнонеоднорідному середовищі, розсіювання та дифракція на різних неоднорідностях самого середовища або нерівностях його межі, інтерференція хвиль від різних джерел, ефект Допплера для рухомих джерел або приймачів хвиль, акустична емісія [1].

За характером виконуваної роботи всі вібраційні процеси можна класифікувати по ряду узагальнених технологічних напрямків [2]:

- вібраційний вплив на середовища, насипні та дисперсні системи;
- впровадження віброуючих елементів в ґрунт, породу;
- деформування та руйнування (різання);
- дроблення та подрібнення матеріалів.

При вібраційному впливі вирішуються такі технологічні завдання, як поділ або сепарація насипних і багатофазних середовищ, деформування та мікрорізання металевими і абразивними середовищами, дроблення, підвищення ефективності механічних і фізико-механічних процесів, створення віброожиженого шару, переміщення та транспортування, бункеризація, расфракціонування [3].

Слід також зазначити, що при спільності фізичної природи коливань різного спектру вивченість їх властивостей і технологічні властивості різні. Так, низькочастотні коливання інфразвукового спектра (нижче 10 ... 15 Гц) відносно мало вивчені та їх практичне використання обмежене. З огляду на велику руйнівну силу інфразвукових коливань, вивчаються шляхи і методи запобігання їх негативних наслідків.

Разом з тим, ведуться пошуки застосування інфразвукових коливань в технологічних цілях, зустрічається використання інфразвуку в металообробній, металургійній, хімічній та інших галузях промисловості.

Найбільш широко застосовуваним в технологічних цілях є середньочастотний спектр від 15 ... 30 до 100 ... 300 Гц. Процеси засновані на використанні цих коливань використовуються в технології машинобудування, гірничодобувній промисловості, при транспортуванні твердих і сипучих середовищ.

Цікавим є використання в мультіенергетичній оздоблювально-зачищувальній обробці вільним абразивним середовищем комбінованого впливу коливань з різними амплітудно-частотними характеристиками, а також комбінований вплив низькочастотних коливань з високою проникаючою здатністю та ультразвукових коливань, які характеризуються високою інтенсивністю в обмеженому об'ємі. Технологічний ефект комбінованого впливу циклічних коливань різної характеристики проявляється в підвищенні інтенсивності процесу, а також створенні принципово нового технологічного обладнання, що поповнює верстатний парк сучасного машинобудівного виробництва.

Вібраційні процеси обробки матеріалів характеризуються широким комплексом механофізико-хімічних явищ, обумовлених різноманіттям оброблювальних середовищ, технологічних рідин, режимів механічної дії. У них має місце пластична деформація та руйнування, тертя, теплові процеси, прояв дії магнітного та електромагнітного полів.

У зв'язку з цим становить інтерес розгляд фізики взаємодії оброблювального середовища та об'єктів обробки, фізико-хімічних процесів, що супроводжують цю взаємодію, динамічних характеристик.

Взаємодія абразивного середовища при вібраційному впливі є яскраво вираженим динамічним процесом, який характеризується параметрами переміщень і силових впливів. Абразивне середовище та його гранули під дією коливань, які повідомляються йому робочими поверхнями резервуару віброверстату, здійснює складні рухи: повільну циркуляцію всієї маси; його коливання; відносні та кутові переміщення, а також обертання гранул під дією спільних зіткнень.

При взаємодії граничних шарів робочого середовища з віброуючими елементами обладнання та деталями проявляються інтегральні властивості багатомасової системи технологічного середовища. Взаємний вплив безлічі повторно-згасаючих зіткнень визначає рівень і характер динамічного впливу на формування поверхневого шару оброблюваних деталей і в цілому на процес вібраційної обробки.

Сказане дозволяє побудувати механофізико-хімічну модель процесу мікрорізання поверхні деталі в середовищі вільних абразивних гранул:

- ударний механічний контакт. На цьому етапі має місце пружнопластичне деформування та мікрорізання поверхневого шару;
- утворення розпушеного шару активного металу;
- взаємодія активного шару металу з навколишнім середовищем при утворенні ослаблених вторинних структур;
- руйнування вторинних структур наступними зіткненнями гранул середовища;
- утворення специфічного мікрорельєфу.

Таким чином інтенсивність зйому металу при вібраційних циклічних процесах низькочастотних коливань залежить від інтенсивності механічного впливу і здатності матеріалу деталі чинити опір дії зазначеного процесу. У зв'язку з розглянутою моделлю, становить інтерес визначення співвідношення кожного з перерахованих етапів, а також частка участі кожного з них у загальному процесі обробки. Встановлено, що орієнтовне співвідношення процесів мікрорізання та пружного деформування становить 30 ... 35 та 65 ... 70 %.

Торкаючись рівня вібраційного впливу, зазначимо, що вібраційна технологія ґрунтується на використанні широкого спектра коливань від інфразвукового (5 ... 15 Гц) до високочастотного, ультразвукового в кілька тисяч герц, а також комбінованого впливу бігармонічних коливань.

Література

1. Mitsyk A.V., Fedorovich V.A. Mathematical Simulation of Kinematics of Vibrating Boiling Granular Medium at Treatment in the Oscillating Reservoir. Key Engineering Materials, Vol. 581, p. 456 – 461, (2014). DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.581.456>.
2. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
3. Николаенко А.П. Формирование поверхности изделия при вибрационной обработке / Вібрації в техніці та технологіях №2 (58). – ВНАУ, 2010 – С. 167-184.

ВІБРАЦІЙНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ, СХИЛЬНИХ ДО ЗЛИПАННЯ

Ніколаєнко А.П., к.т.н., доц., Базалій С.М., Черних О.М.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Велика кількість ручної праці приходиться на такі операції як зняття заусенців й облоя, притуплення гострих крайок, на шліфування й полірування поверхонь деталей, а також при підготовці деталей до різних видів гальванопокриття [1 – 4]. Віброабразивна обробка деталей дозволяє механізувати ці малопродуктивні операції. Цей метод дає

можливість скоротити час обробки деталей за рахунок одночасної обробки значної кількості деталей [1, 2, 4].

Підвищення продуктивності та ефективність застосування методу віброабразивної обробки є актуальною задачею, для вирішення якої проводиться багато досліджень. Одним із методів підвищення продуктивності є створення типової технології вібраційної обробки для різних типів деталей. Для обробки різних типів деталей за єдиними технологічними процесами необхідне об'єднання їх у групи по подібних ознаках. [1, 2, 4].

Раніше проведені дослідження [1] показують, що найбільш ефективно у віброверстатах обробляти деталі з масою від 50 до 3000 г.

За аналізами результатів експериментів авторами [1, 2, 4] був зроблений висновок про доцільність розбивки деталей на групи залежно від маси: 1. від 50 до 250 г; 2. від 250 до 750 г; 3. від 750 до 1500 г; 4. від 1500 до 3000 г і більше.

Одним з факторів, що має певний вплив на перебіг технологічного процесу, є, на їхню думку, габарити деталей, тому при групуванні враховувалося, що збільшення габаритів і збільшення маси взаємозалежне (що насправді не однозначно).

Авторами [1, 2] були зроблені розбивки на групи за наступними розмірами:

1. до 40 мм;
2. від 40 до 90 мм;
3. від 90 до 180 мм;
4. понад 180 мм.

З наведених класифікацій видно, що питанню вібраційної обробки дрібних деталей не приділено достатньо уваги. В той же час, обробно-зачисні операції дрібних деталей масою від 0,3 до 20г, найбільший габаритний розмір – 30 мм виконуються вручну або за допомогою засобів малої механізації, що не відповідає вимогам сучасного виробництва. Використання вібраційної обробки таких груп деталей стискається з рядом проблем. Дрібні плоскі деталі складної конфігурації збираються в пакети, що важко піддаються обробці, тобто злипаються, в результаті чого поверхні ряду деталей залишаються необробленими. При підйомі робочого середовища вгору в U-подібному контейнері з нижнім розташуванням віброзбудника відбувається і налипання деталей на стінки контейнера [1].

Для ліквідації даної проблеми можна запропонувати декілька шляхів. Це може бути розробка конструкцій пристосувань, або управління амплітудно-частотними характеристиками верстата, що будуть сприяти зміні тиску робочого середовища.

Попередньо необхідно отримати уявлення про діючі в робочому середовищі сили. Робоче середовище представляє собою псевдорідину, що володіє властивостями пружності та дисипації енергії при передачі імпульсу. Для вивчення та моделювання процесів обробки в контейнері вібраційного верстата використовуються реологічні моделі, в яких робоче середовище представлена як система елементів пружності та демпфування [3].

З метою визначення сили зсуву для подолання адгезії проводилися багаторазові вимірювання за класичною схемою викладеної в роботі [2]. В ході експериментальних досліджень визначалися сили тертя в спокої і сили тертя в відносному русі.

Для цього було виготовлено пристрій, що складається з площини, покритої гумою, яка застосовується для покриття контейнера або зі сталі, з якої створюються вироби. На цю площину встановлювався зразок, з'єднаний з чашкою, на яку укладався вантаж, який врівноважував конструкцію.

Для визначення величини коефіцієнта тертя в русі були проведені аналогічні досліди, при яких на дно чаші приладу для випробувань підвішувалася на гнучкому шнурі друга додаткова чаша. При цьому випробуваний зразок починав переміщення по напрямних під дією сумарної маси гирь, що розподілялися на обох шальках так, щоб після дотику

нижньої чаші до підлоги тривало рівноважний рух зразка під дією маси гирь, що лежать на верхній чашці. Таким чином, сума мас гирь на обох шальках і власної маси нижньої чаші повинна відповідати силі тертя в спокої, а маса гирь на одній верхній чаші – силі тертя в відносному русі.

У якості піддослідних зразків використовувалися паралелепіпеди розмірами $35 \times 34 \times 20$ зі сталі 45, масою 178,145 г з шорсткістю $R_a = 0,45$ і розмірами $40 \times 30 \times 10$ зі сталі Ст 3, масою 91,6782 г з шорсткістю $R_a = 0,71$. Відомо, що діюча в контейнері сила мікроудару становить 15 ... 30 Н, а контактний тиск - 1,5 ... 150 МПа [2]. Отже, для здійснення зсуву злиплих виробів необхідно долати дані величини, так як вони направлені не тільки на зрушення виробів при косому ударі, але і на стиск зразків при прямому ударі. Використання зразків таких мас обумовлено тим, що в контейнері на деталі чиниться тиск стовпом гранул, який бере участь в коливальному процесі. Експеримент проводився в умовах сухого і вологого тертя о гумове покриття і по матеріалу (сталь по сталі).

Вимір сили тертя в спокої і сили тертя в відносному русі проводилося через інтервали часу в 1; 2; 5; 15; 30 секунд. Для обробки результатів вимірювань використовувалися статистичні методи з урахуванням випадкових похибок, які підтвердили достовірність результатів в межах 95 % -них довірчих інтервалів.

Результати експериментального дослідження показали, що в умовах вологого тертя сила, необхідна для зсуву зразка досягає величин майже в два рази більші, ніж в умовах сухого тертя. Це пояснюється тим, що вологий зразок прилипає до дотичної з ним поверхні, і починають превалювати сили адгезії, які сприяють збільшенню початкового опору зрушенню. Також сили тертя в спокої і сили тертя в відносному русі збільшуються зі збільшенням часу контактування досліджуваного зразка з гумою або з металеву поверхнею [2]. При підйомі робочого середовища вгору при обертанні валу дебалансного віброзбуджувача проти годинникової стрілки, швидкість руху знижується на 30 %, що призводить до зависання деталей під точці, що обертається, аж до 30 секунд і більше.

Література

1. Шумакова Т.А. Повышение производительности технологических процессов вибрационной обработки деталей / Шумакова Т.А., Николаенко А.П., Романенко А.В., Таванюк Т.Я. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Северодонецьк, 2017. – №7 (237) – С. 139 – 248.
2. Бурлакова Г.Ю. Исследование слипаемости мелких плоских деталей / Бурлакова Г.Ю., Кожемякин В.Г., Николаенко А.П. // Вібрації в техніці та технологіях. – Луганск, 2010. – №3(59). – С. 24 – 32.
3. Соколов В.І., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2017. – 160 с.
4. Mitsyk A.V., Fedorovich V.A. Mathematical Simulation of Kinematics of Vibrating Boiling Granular Medium at Treatment in the Oscillating Reservoir. Key Engineering Materials, Vol. 581, p. 456 – 461, (2014). DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.581.456>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Харламов Ю.А., Билозир В.Р., Троценко М.Г.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Целью работы является исследование триботехнических свойств детонационно-газовых покрытий из порошков сплава ВК8. Триботехнические испытания проводились в условиях торцевого трения цилиндрических образцов без смазки на специально разработанном приспособлении к универсальным металлорежущим станкам с вертикальным шпинделем. Испытывали три сочетания материалов пары трения (нижний

образец-верхний образец): 1. покрытие – нормализованная сталь 45; 2. покрытие – сталь 45 (HRC 45); 3. покрытие-покрытие Образцы с покрытиями подвергались шлифованию кругами из синтетических алмазов и приработке с остаточной толщиной 0,1—0,15 мм.

Для первой пары трения характерно уменьшение контролируемых значений коэффициента трения в исследованном диапазоне скоростей скольжения от 0,39 до 0,145 и увеличение температуры поверхностей трения с ростом скорости скольжения до 480 °С. Причем в диапазоне скоростей скольжения от 0,104 до 0,6 м/сек наблюдается более интенсивное снижение коэффициента трения – от 0,39 до 0,27, при дальнейшем повышении скорости скольжения темп его снижения уменьшается и при 3,14 м/сек достигает 0,145. Для температуры поверхностей трения характерно более плавное увеличение с ростом скорости скольжения. Наблюдаемое уменьшение темпа снижения коэффициента трения при скорости скольжения около 0,6 м/с можно объяснить изменением механизмов взаимодействия поверхностей трения при увеличении их температуры.

Существенные различия наблюдаются в значениях и характере изменения критерия интенсивности изнашивания с ростом скорости скольжения образцов с покрытием и без покрытия. Для нижнего образца с покрытием по мере роста скорости скольжения наблюдается резкое уменьшение критерия интенсивности изнашивания, а в диапазоне скоростей от 0,45 до 1 м/сек — ее плавное увеличение. При повышении скорости до 1,7 м/сек критерий интенсивности изнашивания покрытия плавно снижается и затем сохраняет низкое значение. Еще более резкие изменения критерия интенсивности изнашивания имеет верхний образец из стали 45. В диапазоне скоростей 0,104-0,65 м/сек он уменьшается от 2,64 до 0,12, то есть в 22 раза. Затем в диапазоне скоростей 0,65-1,42 м/сек критерий интенсивности изнашивания возрастает до 0,74 и сохраняет в дальнейшем приблизительно это же значение.

Во всем исследованном диапазоне скоростей скольжения интенсивность изнашивания образца без покрытия (сталь 45) превышает интенсивность изнашивания покрытия ВК-8, особенно при низких скоростях скольжения до 0,6 м/с. Интенсивность изнашивания резко снижается при увеличении скорости скольжения до 0,4 м/с. Причем минимум интенсивности изнашивания стальных образцов наблюдается при скорости скольжения 0,62 м/с, что соответствует точке перегиба на кривой зависимости коэффициента трения. Но уже при скорости скольжения 0,82 м/с начинается резкое увеличение интенсивности изнашивания вплоть до скорости скольжения 1,2 м/с, а при дальнейшем увеличении скорости скольжения остается на этом же уровне.

Интенсивности изнашивания обоих образцов снижаются с ростом скорости скольжения до значений 0,42 ... 0,62 м/с, причем для покрытия она снижается в 3 раза, а для стали 45 – более чем в 25 раз. С дальнейшим ростом скорости скольжения до 1 м/с интенсивность изнашивания покрытия увеличивается лишь в 1,6 раза, а стали 45 – в 8 раз. Таким образом, совпадение диапазонов скоростей скольжения, при которых наблюдается изменение интенсивностей изнашивания образцов, свидетельствует о проявлении в их контакте явлений и процессов, влияющих на их взаимодействие. Отслаивания покрытий в процессе испытаний несмотря на интенсивный фрикционный нагрев в процессе испытаний в этой и других сочетаниях пар трения не наблюдалось, что свидетельствует о высокой прочности получаемых покрытий.

Для второй пары трения при увеличении скорости скольжения от 0,104 до 2,5 м/с также наблюдается характерное уменьшение контролируемых значений коэффициента трения от 0,4 до 0,15 и увеличение температуры поверхностей трения до 410 °С. Причем в диапазоне скоростей скольжения от 0,104 до 0,4 м/сек наблюдается более интенсивное снижение коэффициента трения– от 0,4 до 0,26, при дальнейшем повышении скорости скольжения темп его снижения уменьшается и при 2,5 м/сек достигает 0,15. Для

температуры поверхностей трения характерно несколько более резкое увеличение с ростом скорости скольжения. При ее значении порядка 1,4 м/с значение температуры стабилизируется и остается практически неизменным. Наблюдаются существенные различия в значениях и характере изменения интенсивности изнашивания с ростом скорости скольжения образцов с покрытием и без покрытия. Но характер изменения интенсивности изнашивания существенно отличается от первой пары трения. Для нижнего образца с покрытием по мере роста скорости скольжения наблюдается резкое уменьшение интенсивности износа, а при скорости от 0,4 м/сек начинается ее плавное увеличение, которое стабилизируется при значении скорости скольжения порядка 1,2 м/с. Здесь явно наблюдается лишь одно экстремальное (минимальное) значение интенсивности изнашивания. Еще более отличающиеся изменения интенсивности изнашивания имеет верхний образец из закаленной стали 45. В диапазоне скоростей 0,104-0,4 м/с интенсивность изнашивания резко увеличивается, а затем более резко уменьшается и при скорости скольжения 0,6 м/с достигает минимального значения, а затем начинает плавно увеличиваться.

Для третьей пары трения при увеличении скорости скольжения от 0,104 до 3,14 м/с также наблюдается уменьшение коэффициента трения от 0,48 до 0,14 и увеличение температуры поверхностей трения до 460 °С. Причем в диапазоне скоростей скольжения от 0,104 до 0,64 м/сек наблюдается более интенсивное снижение коэффициента трения – от 0,48 до 0,317, при дальнейшем повышении скорости скольжения темп его снижения уменьшается и при 3,14 м/сек достигает значения 0,14. Для температуры поверхностей трения характерен наиболее более резкий темп увеличения с ростом скорости скольжения от 0,104 до 0,64 м/с. Затем темп увеличения температуры снижается, но температура продолжает расти. Точки перегиба на кривых для коэффициента трения и температуры достаточно близки по значению скорости скольжения порядка 0,64 м/с, что явно свидетельствует о смене механизмов взаимодействия поверхностей трения при достижении их температуры определенного критического значения. Интенсивность изнашивания образцов при трении покрытия по покрытию является минимальной относительно разнородных сочетаний, за исключением нижнего образца в диапазоне скоростей скольжения 1,6...3 м/с.

Выводы. 1. Детонационно-газовый метод напыления позволяет получать высокопрочные покрытия из мелкодисперсных порошков твердых сплавов карбид вольфрама-кобальт. 2. Для всех пар трения характерно уменьшение коэффициента трения и увеличение температуры в зоне трения с ростом скорости скольжения. Причем в диапазоне скоростей скольжения от 0,104 до 0,6 м/сек наблюдается более интенсивное снижение коэффициента трения, при дальнейшем повышении скорости скольжения темп его снижения уменьшается и при 3,14 м/сек достигает 0,145. В исследованном диапазоне скоростей скольжения при использовании в качестве контртела стальных образцов коэффициент трения имеет несколько меньшие величины.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ В ОДНОРОТОРНІЙ НОЖОВІЙ ДРОБАРЦІ

Жиженко Я.В., Алтухов В. М. к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

Однороторна ножова дробарка призначена для подрібнення волокнистих і еластичних матеріалів в хімічній та інших галузях промисловості. Дробарка включає змонтований в корпусі ротор з прямими ножами, і закріплені на корпусі нерухомі ножі [1]. При обертанні ротора відбувається подрібнення матеріалу ножами. Процес подрібнення відбувається шляхом удару ножів по матеріалу, супроводжується підвищеною вібрацією і зносом ножів.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи дробарки.

Завданням дослідження було покращення умов різання подрібнюваного матеріалу, що дозволить підвищити продуктивність, знизити вібрацію, збільшити ресурс роботи ножів.

Для підвищення ефективності подрібнення запропоновано нерухомі ножі встановлювати під кутом меншої величини до осі обертання ротора, ніж рухливі, з нахилом в ту ж сторону.

На рис. 1 представлена ножова дробарка. Дробарка містить корпус 1 зі змонтованим в ньому ротором 2. На роторі 2 закріплені прямі ножі 3, розташовані під кутом ω до осі обертання ротора 2. Нерухомі ножі 4 закріплені в корпусі 1, причому кут нахилу нерухомих ножів 4 до осі обертання ротора 2 менше, ніж у рухомих ножів 3, а нахил нерухомих ножів 4 – в ту ж сторону, що і рухомих ножів 3. На корпусі 1 встановлений завантажувальний бункер 5. Під ротором 2 встановлена калібруюча решітка 6. Кут нахилу ω рухомих ножів 3 до осі обертання ротора встановлюється рівним 4-10 градусів, а нерухомих ножів – 2-8 градусів. Це обумовлено тим, що ріжучі кромки ножів описують траєкторію у вигляді однополосного гіперболоїда обертання і таке співвідношення кутів забезпечить взаємодію ріжучих кромки нерухомого та рухомого ножів з малим зазором, не погіршуючим процес різання.

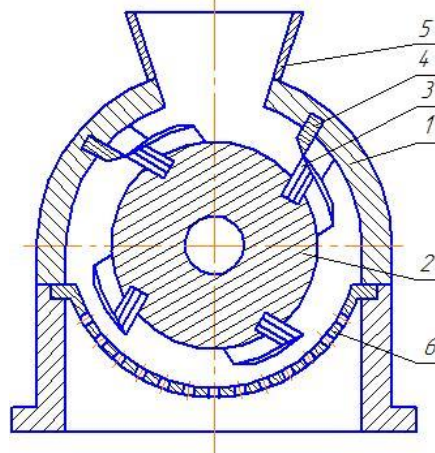


Рисунок 1 – Ножова дробарка

На рис. 2 представлена схема різання матеріалу ножами, встановленими під кутом до ротору.

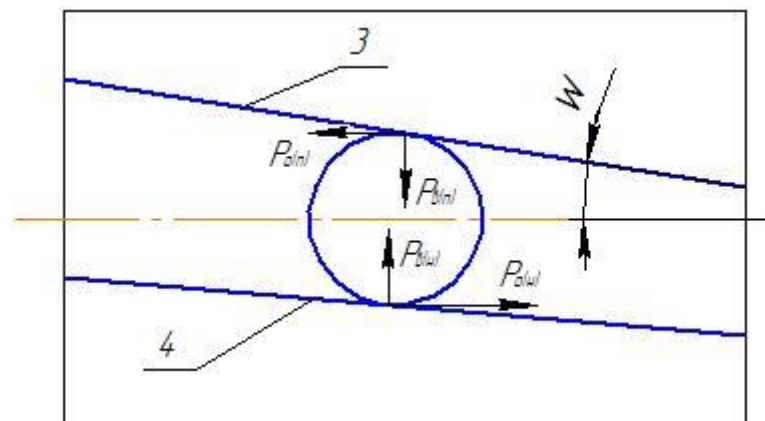


Рисунок 2 – Схема різання матеріалу ножами, встановленими під кутом до ротору

Працює дробарка наступним чином. Включивши обертання ротора 2, в бункер 5 засипають підлягаючий подрібненню матеріал. Матеріал потрапляє в зону подрібнення, де, під дією рухомих ножів 3 і нерухомих ножів 4, подрібнюється. Подрібнення матеріалу

відбувається шляхом впливу на нього зустрічних і осьових зусиль від ножів. Зустрічні зусилля рухомих ножів 3 $P_{\text{в}(n)}$ і нерухомих ножів 4 $P_{\text{о}(n)}$ спрямовані назустріч один одному. Осьові зусилля рухомих ножів 3 $P_{\text{о}(n)}$ і нерухомих ножів 4 $P_{\text{о}(n)}$ спрямовані в протилежні сторони. Таке поєднання зусиль дозволяє ефективно подрібнювати матеріал, причому процес – рівномірний, без ударів, а матеріал розподіляється рівномірно уздовж ножів, що збільшує ресурс роботи ножів. У процес подрібнення залучені ножі по всій довжині, а в просіювання – уся поверхня решітки 6. Частинки, подрібнені до необхідних розмірів, просипаються крізь отвори калібрує сітки 6 і видаляються з дробарки.

Виконання ножів по гвинтовій лінії одного напрямку, причому кут нахилу рухомих ножів до осі ротора більше кута нахилу нерухомих ножів до осі ротора, також підвищить ефективність подрібнення. На рис. 3 наведена схема різання матеріалу ножами, виконаними по гвинтовій лінії. Вплив зустрічних осьових зусиль рухомих ножів 3 $P_{\text{о}(n)}$ і нерухомих ножів 4 $P_{\text{о}(n)}$ на матеріал, дозволяє подрібнювати його більш ефективно. Нужно, однак, отметить относительную сложность изготовления ножей такого вида

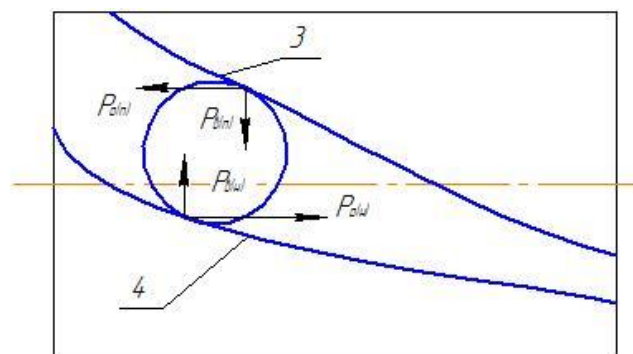


Рисунок 2 – Схема різання матеріалу ножами, виконаними по гвинтовій лінії

Наведені конструктивні варіанти виконання зони подрібнення дозволяють знизити собівартість процесу отримання дрібних фракцій подрібнюваних матеріалів, підвищити ресурс роботи дробарки. Економічний ефект від експлуатації дробарок може бути досить значним, враховуючи великі обсяги сировини, що підлягає подрібненню.

Актуальність даних розробок не викликає сумнівів, враховуючи накопичення в навколишньому середовищі відходів пластмас, полімерів та інших матеріалів хімічної, харчової, електротехнічної, машинобудівної промисловості. При цьому, в перспективі, застосування таких матеріалів буде зростати.

Література

1. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

ВПЛИВ ФОРМИ ГРАНУЛ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ЗРАЗКІВ ПРИ ВІБРОАБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ

Шумакова Т.О., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Процес вібраційної обробки деталей відбувається шляхом нанесення безлічі мікроударів по оброблюваній поверхні частинками робочого середовища (абразивними гранулами), що коливаються під дією вібраційного впливу. Оброблювані деталі завантажуються в контейнер верстата, заповнений робочим середовищем. Вібрація контейнеру передається від обертового валу з незбалансованими вантажами з частотою 15-50 Гц та амплітудою 0,5-9 мм. Робоче середовище та оброблювані деталі приходять в інтенсивне відносне обертання всієї маси (циркуляційний рух). Оброблювані деталі

займають різне положення в робочому середовищі, що забезпечує досить рівномірний знімання матеріалу з усіх поверхонь, що контактують з абразивними гранулами.

Більшість операцій вібраційної обробки проводиться з безперервною або періодичною подачею рідкого розчину необхідного складу в контейнер. Рідкий розчин забезпечує видалення продуктів зносу (часток металу і абразиву) з поверхні деталей і часток робочого середовища, змочує деталь і робоче середовище, допомагає їх поділу та рівномірному розподілу деталей в робочому середовищі. Інтенсивність вібраційної обробки залежить від режимів та тривалості обробки, характеристики і розмірів абразивних гранул, обсягу камери і ступеня її заповнення, механічних властивостей матеріалу оброблюваних деталей і ін.

Вібраційна обробка має широкі технологічні можливості. Вона застосовується: на очисних операціях (очищення від слідів нагару, окалини, іржі та ін.); на оздоблювальних операціях (видалення задирок, облою, округлення гострих кромки і ін.); на операціях підготовки поверхонь під покриття; на операціях шліфування (з метою здобуття шорсткості поверхні $Ra = 0,63-1,25$ мкм) та полірування (для отримання шорсткості $Ra = 0,08-0,32$ мкм), деяких інших операціях. Обробці можуть піддаватися будь-які деталі, незалежно від їх форми, отримані штампуванням або литтям, до або після механічної обробки, виготовлені з різних металів і сплавів.

Для встановлення впливу, на якісні показники процесу вібраційної обробки, форми інструменту був проведений ряд експериментальних досліджень. При проведенні досліджень були прийняті наступні постійні умови:

- всі дослідження було виконано на верстаті УВІ-25 з U-подібною формою контейнера;

- при вібраційній обробці зразків були використані режими роботи верста: частота коливань контейнеру $f=50$ Гц; амплітуда коливань $A=3,5$ мм;

- при виконанні операцій вібраційного шліфування використовувалися абразивні гранули з бою шарошліфувальних кругів АН-2, конуси, піраміди, в основі яких лежить квадрат (П4), двосторонні піраміди в поперечному перерізі яких лежить неопуклий шестикутник (П12);

- при проведенні експериментів досліджувалися циліндричні полі зразки (розміром $\varnothing 27 \times 25 \times 5$ мм) виконані з сплаву латуні ЛС59-1 (ДСТУ ГОСТ 15527-2004) трьох груп, кожна з яких мала різний похідний стан поверхонь – до механічної обробки (калібрований прокат $Ra=8,2$ мкм) після чорнової лезової обробки ($Ra=4,83$ мкм), після чистової обробки ($Ra=3,44$ мкм). Кількість зразків кожної групи становила 40 шт;

- за критерій ефективності процесу вібраційної обробки було прийнято час за який було досягнена необхідна шорсткість поверхонь оброблюваних зразків.

Результати експериментальних досліджень якісних показників вібраційної обробки зразків з різним станом похідної поверхні наведено на рис. 1.

На підставі проведених досліджень встановлено, що середнє значення шорсткості поверхонь Ra зменшується по параболічній залежності. При обробці зразків в АН-2 спостерігається стале зменшення шорсткості за перші 2 години віброшліфування в 1,78, в конусах – в 2,39 рази, в П4 – в 2,92 рази та в П12 в 3,54 рази. За кожен наступну годину віброшліфування відбувається зменшення шорсткості на 13,3% та 9,5 % співвідносно.

При цьому спостерігається сталий процес зменшення значень шорсткості в залежності від форми інструменту. Так в гранулах в формі П12 після 4 годин віброшліфування були отримані найменші значення при однакових умовах обробки. Для зразків зі станом поверхонь – після каліброваного прокату ці значення склали 1,66 мкм. Для зразків з того ж матеріалу після чорнового та чистового точіння – 1,08 мкм та 0,69 мкм співвідносно. При цьому зразки, що були оброблені в АН-2, конусах та П4 показали гірші результати шорсткості. Так значення шорсткості по зрівнянню з П12 були

меншими в середньому для АН-2 на 41,5%, для конусів на 30% та для П4 на 21,3% співвідносно.

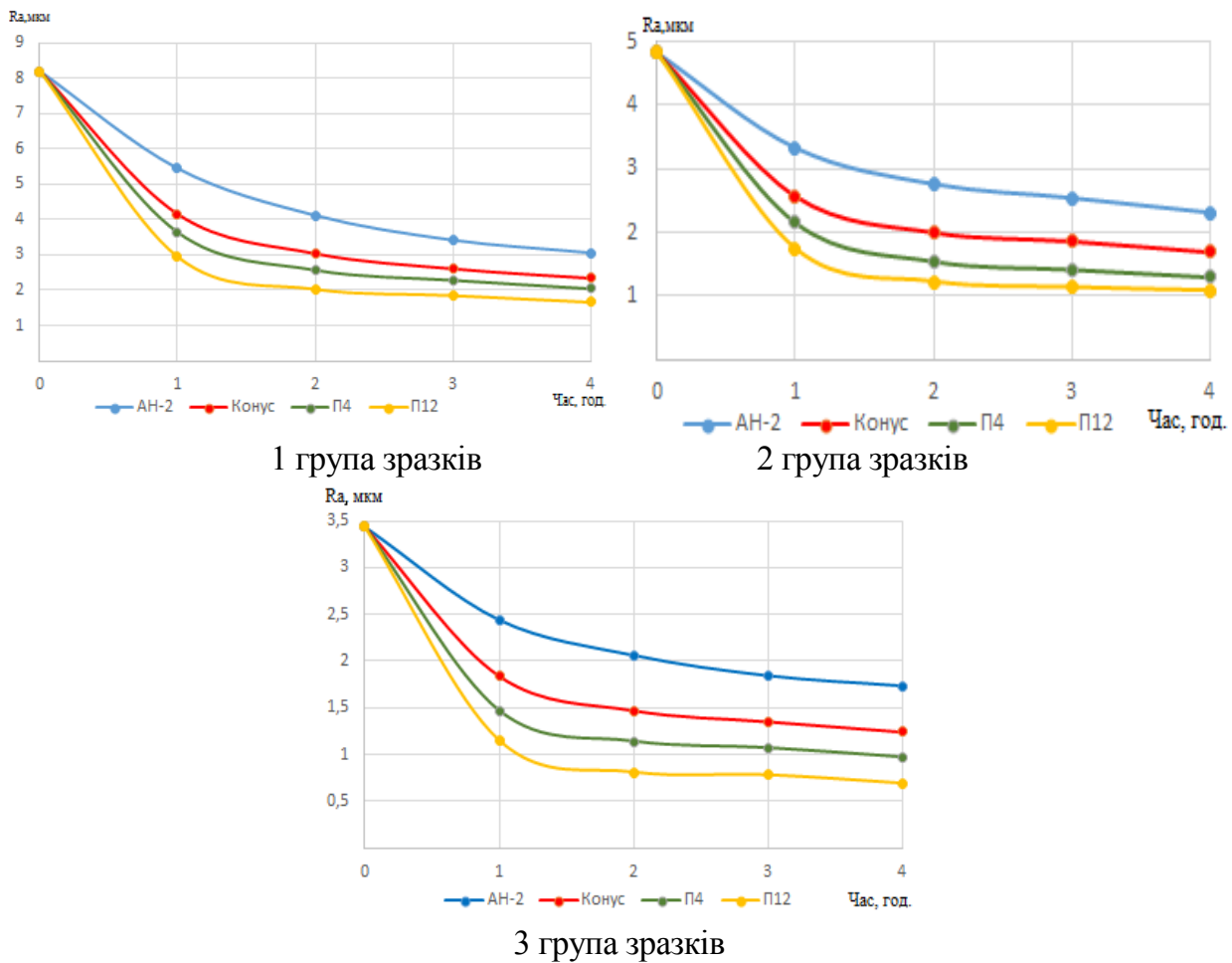


Рис. 1. Залежності шорсткості поверхонь зразків від часу обробки та форми інструменту

Таким чином, можна зробити висновок, що для всіх досліджуваних груп зразків використання абразивних гранул з великою кількістю різальних крайок (ребер гранули), а саме гранул у формі П12, при інших рівних умовах, веде до зниження шорсткості оброблювальних поверхонь незалежно від їх початкового стану.

ТЕПЛОВОЙ НАСОС НА БЫТОВОМ КОМПРЕССОРЕ

Зинченко В.В., ст.гр. ЭПС – 15д

Асманкина А.А. асп., Лория М.Г. к.т.н., доц.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Целью данного исследования является обзор созданной лабораторной установки для нагрева воды в емкости путём отбора тепла в другой. Данная установка является экспериментальным образцом теплового насоса.

Тепловой насос (Т.Н.) – это система, с помощью которой можно забирать тепло от одного тела (в нашем случае емкости с водой) к другому, увеличивая температуру последнего. Т.Н. может работать на отопление, кондиционирование воздуха и на нагрев воды, потому как он берет энергию воздуха с улицы, воды или же грунта, и переносит в помещение. Альтернативные источники энергии, позволяют получать дешевое тепло без вреда для окружающей среды. К тому же стоит заметить, что данное устройство является экологически чистым, что актуально не только сейчас, но и в будущем.

На рис 1 показана разработанная лабораторная установка, где 1 - фильтр-осушитель хладагента; 2 - изолирующая крышка; 3 - медная трубка; 4 - емкость с

проточной водой, у которой снимается тепло; 5 - емкость, в которой происходит нагрев; 6 - мотор-компрессор бытового холодильника.

Мотор-компрессор 6 откачивает пары хладагента (R 134a) из испарителя трубка, скрученная в спираль, в емкости 5 и нагнетает их в трубку конденсатора. В конденсаторе пары хладагента охлаждаются и конденсируются.

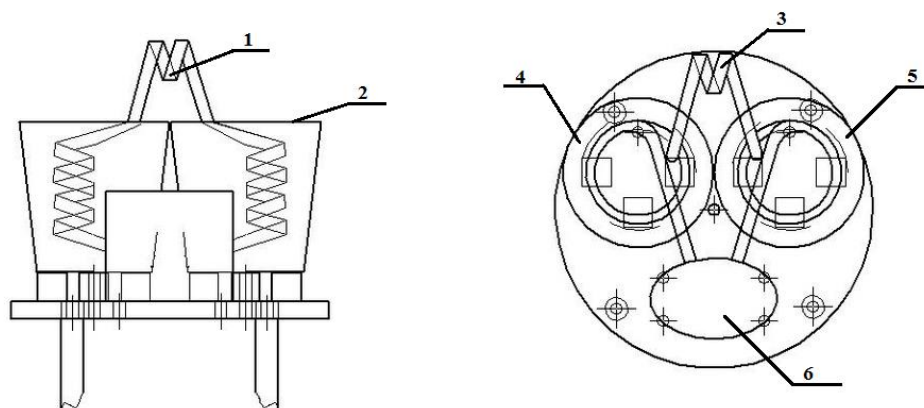


Рис.1 - Схематическое изображение лабораторной установки.

Далее жидкий хладагент через фильтр-осушитель 1 и капиллярный трубопровод 3 попадает в испаритель. Гидравлическое сопротивление капиллярного трубопровода подбирается таким образом, чтобы создать определенную разность давления всасывания и конденсации, которое создает компрессор, при которой через трубопровод прошло определенное количество жидкости. На входе хладагента в испаритель, давление падает от давления конденсации до давления кипения. Этот процесс называется дросселированием. При этом происходит вскипание хладагента, поступаая в каналы испарителя хладагент кипит, энергия необходимая для кипения в виде тепловой, забирается от поверхности испарителя, охлаждая воду в емкости 4. Пройдя через испаритель жидкий хладагент превращается в пар, который откачивается компрессором.



Рис. 2 - Лабораторная установка.

Так же, в процессе создания данной установки, было принято решение сделать запуск и снятие показаний программно регулируемые в удаленном доступе.

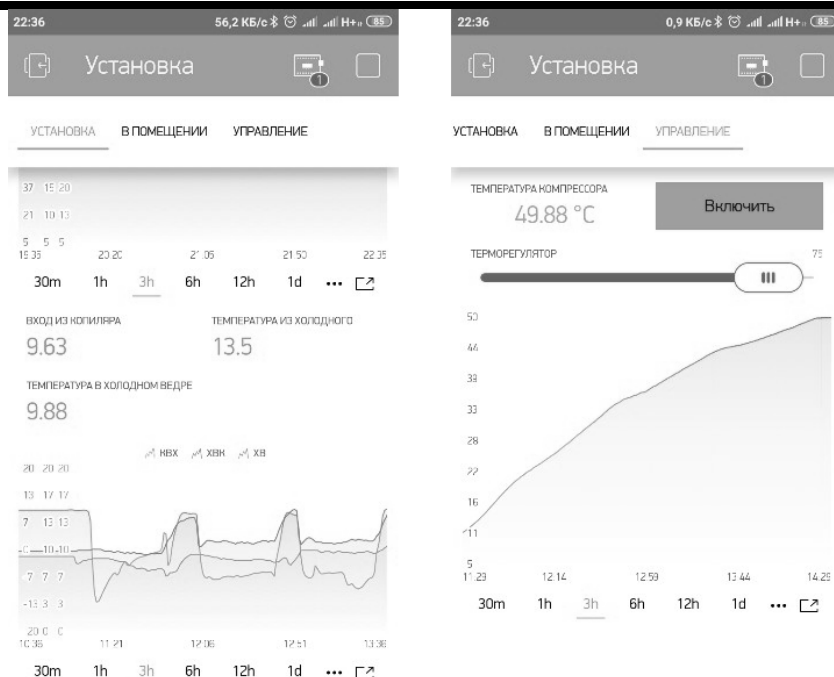


Рис. 3 - Программа для регулирования, контроля и управления установки.

Данная программа позволяет запускать установку, регулировать и снимать показания с датчиков закрепленных на ней.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ковтанець Т.М., аспірант, Горбунов М.І., д.т.н., професор, Ковтанець М.В., к.т.н.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Пріоритетним напрямком для розвитку вітчизняних машинобудівних підприємств є забезпечення інноваційної стратегії розвитку з впровадженням сучасних технологій ресурсозбереження, які матимуть значний ефект на конкурентоспроможність продукції. Також це дозволить підвищити екологічність та знизити витрати сировини та енергоресурсів. Для залізничного транспорту є актуальною проблема керування зчепленням між колесом та рейкою з метою підвищення техніко-економічних характеристик роботи локомотива і таким чином забезпечити його конкурентоспроможність як на внутрішньому ринку, так і закордоном.

Одним з найефективніших методів керування та покращення умов взаємодії колеса та рейки є очистка їх контактуючих поверхонь, якою впродовж декількох років активно займаються українські та зарубіжні вчені [1]. З проведеного аналізу існуючих способів та пристроїв очистки контактуючих поверхонь між колесом та рейкою можна зазначити, що використання значної їх частини є економічно недоцільним, та виділити їх наступні недоліки:

- підвищений знос, зміна структури та руйнування контактуючих поверхонь колеса та рейки;
- незначна ефективність очистки поверхонь, що не дозволяє значно підвищити та стабілізувати коефіцієнт зчеплення;
- негативний вплив на екологію та залізничне устаткування;
- значні витрати на конструювання, монтаж та обслуговування устаткування;
- низький ресурс роботи.

Традиційна технологія підвищення зчеплення – подачі піску на рейки пісочною системою локомотива, є дуже ресурсозатратною, бо витрачає мільйони тонн спеціально

підготовлено піску, який ще треба добути, привезти та забезпечити відповідне зберігання. На один кілометр колії в середньому використовують 20 тонн піску, а загалом на залізниці витрачають його близько 3 млн. мЗ.

На даний момент одним із перспективних та ефективних методів керування зчепленням у системі «колесо-рейка» є вплив стуминно-абразивного потоку на взаємодіючі поверхні з використанням вільного абразиву, який зі значним прискоренням від стисненого повітря подають на контактуючі поверхні очищуючи їх від забруднень та підвищуючи зчепні характеристики локомотива [2]. Цей процес є керованим в залежності від режиму руху, умов експлуатації та стану поверхні контакту за рахунок регулювання, концентрації абразивних часток у потоці, швидкості повітряно-абразивної суміші та кута нахилу двофазного потоку до поверхні рейки.

Використання запропонованого методу дозволить знизити витрати абразивного матеріалу (піску) у 2-3 рази при незначних витратах на модернізацію та налаштування системи подачі. Також збільшиться строк ефективної експлуатації коліс та рейок, зменшивши витрати на поточний та капітальний ремонт залізничних колій та коліс. Це призведе до економії десятків мільйонів гривень на залізничному транспорті, підвищить конкурентоспроможність підприємства та залізничного транспорту, поліпшив тим самим його економічну безпеку держави.

Таким чином, використання запропонованої інновації є ефективним як з технічної точки зору, забезпечуючи високі тягово-зчепні та гальмівні якості та підвищення ресурсу використання коліс та рейок, так і з еколого-економічної, призводячи до зниження витрат піску і його залишків після очищення, що зменшить забруднення колії та поліпшить екологічну ситуацію в цілому.

Серед очікуваних переваг, виділимо основні:

- підвищення конкурентоспроможності продукції машинобудування;
- забезпечення більш високого рівня економічної безпеки підприємства та усієї машинобудівної галузі, а також залізничного транспорту;
- підвищення більш екологічної роботи локомотива за рахунок зменшення витрат стисненого повітря та абразивного матеріалу (піску) і відповідного забруднення його залишками рейко-шпальних ґрат та баластної призми;
- після впливу струминно-абразивного потоку на поверхні коліс та рейок, поверхні відповідають ступеню очищення, встановленого міжнародним стандартом ISO 8501-1:2007;
- не створює додаткового опору руху, як при традиційній подачі піску на рейки, при якій опір руху поїзда збільшується на 12-20%, тим самим зменшуючи витрати пального та електроенергії і підвищуючи ресурс роботи коліс та рейок;
- ефективно видаляє різні поверхневі забруднення (вода, масло, відпрацьоване масло, листя), створюючи сприятливі умови контактування та підвищуючи зчеплення;

Маркетингова стратегія машинобудівного підприємства в напрямку впровадження інновацій направлена на підтримку та підвищення конкурентної позиції та рівня економічної безпеки відповідно. Планується участь у промислових виставках, вихід на нові ринку збуту та формування зв'язків з потенційними замовниками. Необхідне проведення рекламних заходів для поліпшення іміджу підприємства як на вітчизняному так і зарубіжному ринках, таких як друк оглядових статей в спеціалізованих виданнях, створення представництв закордоном, де буде доступна вичерпна інформація про підприємства машинобудування та виробляему продукцію, зокрема залізничне машинобудування. Його позиціонування як надійного партнера, виробляючого сучасну якісну інноваційну продукцію.

Підвищення зчеплення, збільшення ресурсу роботи коліс та рейок, зниження витрат піску і простота обслуговування та експлуатації у порівнянні з аналогічними розробками

в галузі, все це дає змогу стверджувати, що запропонована розробка, впровадження ресурсозберігаючої технології в продукцію машинобудівних підприємств забезпечує зростання рівня їх економічної безпеки та має значний вплив на пов'язані з ним виробництва та галузі (наприклад, транспорт, переробна промисловість та ін.). Цей забезпечить підвищення рівня екологічної безпеки на рівні регіону та держави, завдяки стабільній роботі трибологічної системи «колесо-рейка», зниженню зносу контактуючих поверхонь, зменшення витрат піску та його залишків.

Література

1. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просвирина // Наукові вісті Далівського університету: зб. наук. праць. – 2012. – № 7.

2. Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2013. – Ч.1, № 18 (207). – С. 33-37.

АНАЛІЗ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Гордєєв М.В., Галабурда Н.І., науковий керівник

Східноукраїнський національний університет імені В.Даля

У загальному випадку складальний процес включає наступні операції: орієнтування з необхідною точністю руки робочого щодо певних поверхонь деталей, що підлягають складанню; захоплення деталі, її переміщення в просторі до складального пристосування або базової деталі; орієнтування деталі з необхідною точністю відносно поверхні базової деталі або пристосування; сполучення деталей, орієнтованих взаємно з необхідною точністю; фіксація скомплектованих деталей.

Складальні операції у процесі створення нової техніки займають останнє місце за часом виконання, але не останнє за складністю і відповідальністю. Час виконання складальних операцій займає 45-55% від усього часу, відведеного на виготовлення певного зразка механічного виробу. Тому питання скорочення цього часу зі збереженням і покращенням параметрів складання, таких як точність, якість, трудомісткість, швидкодія, постають як найбільш актуальні.

Це питання може бути розв'язане за допомогою застосування промислових роботів, які дозволяють істотно підвищити швидкодію при виконанні технологічних та інших операцій і знизити їх енергоємність.

Проблема роботизації складальних процесів впливає з протиріччя між необхідним рівнем ефективності конвеєрного складання вузлів і агрегатів і можливостями досягнення цього рівня шляхом застосування стандартних моделей методів і засобів роботизованого складання. Зазначена ситуація виникла внаслідок орієнтованості типових підходів на роботизацію переважно масового і великосерійного виробництва з урахуванням властивою їм специфіки.

Розширенню сфери застосування роботизованого складання сприятиме розвиток роботів другого покоління - роботів і робототехнічних систем з адаптивними пристроями, що мають силові, тактильні і візуальні сенсори, а також роботів третього покоління (інтелектуальних роботів). Останні зможуть не лише самостійно орієнтуватися в складній виробничій обстановці і вибирати кращий технологічний варіант рішення, але і самі збирати виріб за складальним кресленням.

Як показує досвід використання таких роботів на ряді машинобудівних підприємств, залишається до кінця не вирішеним питання про точність позиціонування

захватних пристроїв, яка багато в чому визначається кінематичною точністю промислового робота, зокрема, помилками основного його модуля - руки з захватним пристроєм.

Вказані погрішності найчастіше виникають за рахунок помилок відробітку приводами маніпулятора програмних значень узагальнених координат, що відповідають заданому положенню захватного пристрою. При цьому під програмними значеннями узагальнених координат маніпулятора зазвичай розуміють їх значення, знайдені для заданого положення захватного пристрою [1]. Ці значення можуть бути визначені шляхом рішення зворотних завдань про положення маніпулятора при аналізі кінематики робочих органів промислового робота.

Для визначення повної лінійної похибки положення захватного пристрою промислового робота необхідно знайти проекції усіх складових похибок на три координатні осі, пов'язані з рухомими ланками механізму. Аналітично це можна здійснити, використавши, наприклад, залежності виду [1]:

$$\Delta S_x = \Delta SC \times \Delta \varphi_j (l_{kx} - r_{Cx}) \sin \varphi_i - \Delta \varphi_i (l_{kx} + r_{Cx}) \sin \varphi_j ;$$

$$\Delta S_y = \Delta SC \times \Delta \varphi_j [(l_{ky} + r_{Cy}) \cos \varphi_j - \Delta \varphi_i (l_{ky} - r_{Cy}) \sin \varphi_j ;$$

$$\Delta S_z = \Delta SC \times \Delta \varphi_j [(l_{kz} + r_{Cz}) \sin \varphi_j - \Delta \varphi_i (l_{kz} - r_{Cz}) \cos \varphi_j .$$

При визначенні кутової похибки захватного пристрою маніпулятора $\Delta \varphi$ можна використовувати матричний метод, яким визначають вектори кутових помилок $\Delta \varphi_i$, $\Delta \varphi_j$ і $\Delta \varphi_k$ при русі руки робота в проекціях на прийняті координатні осі.

До способів забезпечення точності при складанні промисловими роботами можна віднести, окрім проблем позиціонування, методику застосування адаптивних роботів, позиціонування із застосуванням різних технічних прийомів, таких як установка ловців фіксаторів, пружних елементів та ін. Якщо розглядати точність в складальній системі, представленій як роботизований комплекс, то слід зазначити, що точнісні параметри складального процесу чинять вирішальну дію на його виконання, як на проміжних етапах (подання деталей в завантажувальній позиції), так і на завершальній (здійснення сполучення).

З цього видно, що питання точності в роботі промислових роботів, слід розглядати в комплексі, з урахуванням всіх етапів виконання складальних операцій.

Література:

1. Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов. - М.: Кнорус, 2016. - 494 с.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ САМОУСМОКТУВАЛЬНИХ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Шабрацький С.В. к.т.н., ст. викл., Шабрацький В.І. к.т.н., доцент

Інститут хімічних технологій

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Альтернативою для введення газоподібного реагенту в перемішуємий об'єм апаратів об'ємного типу є відцентрово-ежекційні самоусмоктувальні мішалки з плоскими порожнистими лопатями, які одночасно виконують функції барботера, що обертається, і перемішуючого пристрою [1,2]. Вони відрізняються від мішалок інших типів наявністю порожнистого циліндричного ротору з щільовими отворами, з зовнішньої поверхні якого закріплені пласкі порожнисті лопаті. Підвищення продуктивності самоусмоктуючих мішалок транзитних потоків досягається завдяки збільшенню частоти обертання мішалки або її діаметра. Дослідженням впливу зміни геометричних параметрів самоусмоктувальних мішалки на продуктивність приділено мало уваги. Для вивчення впливу внутрішніх конструктивних особливостей мішалок була розроблена експериментальна установка, що складається з апарату об'ємного типу з порожнистим валом на якому закріплювали досліджуємі перемішуючі пристрої діаметром від 0,06 м до 0,18 м з числом лопатей 2-4, в якості робочих рідин використовували воду, гліцерин та

розчин гліцерин-вода. Вивчаючи гідродинаміку руху транзитного потоку в середині мішалки, було встановлено, що найбільший опір має місце переходу з порожнини ротора у порожнисту лопать. Були виготовлені моделі самоусмоктувальних мішалок, які відрізнялися конструктивними особливостями вхідних кромки в канали порожнистих лопатей: ротори з округлими та у вигляді нахиленої площини з кутом нахилу 90° , 45° , 60° кромками. Конструкція моделі апарату об'ємного типу дозволяє проводити швидко зміну різних варіантів перемішуючих пристроїв. Виконання вхідного отвору округлим або виконаним у вигляді нахиленої площини дозволяє майже усунути вихрову застійну зону і значно збільшити переріз потоку транзитної рідини в початковій зоні лопаті та насосну продуктивність мішалки по рідині. Проведені випробування з продуктивності транзитного потоку показали, що самоусмоктувальні мішалки з кутом скосу вхідної кромки 45° по лобовій поверхні плоскої порожнистої лопаті має найкращі показники в порівнянні з іншими мішалками. За результатами обробки лабораторних даних отримано рівняння з визначення коефіцієнта витрати μ залежно від кута скосу вхідної кромки:

$$\mu = 0,5 + \cos^2 \alpha - 0,17 \cos \alpha,$$

де α – кут скосу вхідної кромки лопаті.

Проведені дослідження дали змогу удосконалити конструкцію самоусмоктувального перемішуючого пристрою [2], який без зміни зовнішніх конструктивних особливостей та витрат потужності на перемішування дозволяє збільшити продуктивність транзитного потоку на 20%.

Література:

1. А.С. № 771089 (СССР). Способ получения алкиларилсульфокислот или кислот алкилсульфатов и устройство для его осуществления / Стороженко В.Я., Шабрацкий В.И. и др. – Оpubл. Б.И. №22, 1980.
2. Патент України № 60097 Пристрій для перемішування рідин / Шабрацький В.І., Белкін Д.І. та ін. – Оpubл. в бюл. №11, 2011.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Логунов О. М., к.т.н.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Теория механизмов и машин (ТММ) входит в обязательную часть программы подготовки студентов технических специальностей. На современном этапе развития техники резко удешевляются, совершенствуются и универсализируются компьютерные системы управления, мехатронные системы, широко внедряются машины с прямым приводом [1], роль механических передач и рычажных механизмов, к расчету которых приближенными графическими методами сводится большая часть классического курса ТММ, неуклонно снижается. Вместе с тем в системы САПР встраиваются более совершенные методы расчета кинематики и динамики механизмов и машин, такие как метод конечных элементов и метод преобразования координат. Все они требуют наличия трехмерной модели исследуемого механизма.

На начальных курсах студенты инженерных специальностей изучают черчение и работу с двумерными чертежами в системах САПР. Средства двумерного проектирования могут быть применены при использовании классических методов ТММ. На старших курсах средства трехмерного моделирования применяются широко [2], и в это время часто выявляется отсутствие базовых навыков у студентов.

Внедрение систем трехмерного моделирования в преподавание ТММ позволяет достичь нескольких целей одновременно.

Существует множество небольших специализированных программ, написанных преподавателями и студентами для решения классических задач ТММ. Они как правило находятся в свободной доступе, но не раскрывают реализованных в них методов, не являются наглядными, не снабжены документацией. Обмен данными с другими приложениями невозможен.

Для задач, решаемых точными аналитическими методами, традиционно используется система Mathcad. Существует учебное пособие, [3] в котором детально описаны кинематический и динамический анализ плоских рычажных механизмов, исследование зубчатых и синтез кулачковых механизмов. Возможна интеграция с пакетом САД, и, получение параметризованных трехмерных моделей механизмов. Визуализированы могут быть графики, но не модели механизмов, так что наглядность системы остается ограниченной.

Наиболее привлекательной, представляется подсистема solidworks motion, предназначенная для кинематического и динамического анализа проектируемых механизмов. При подготовке расчетной модели могут быть использованы сопряжения, назначенные при создании сборки, в том числе кулачок, шарнир, редуктор, шестерня-рейка, винт, универсальный шарнир (карданное соединение).

Результаты: Перемещения, скорости, ускорения, силы, моменты, другие кинематические характеристики для соединений, пружин и демпферов, а также характерных точек модели в численном, табличном и графическом видах, анимация результатов, Генерация траекторий характерных точек моделей и сохранение их в качестве кривых

В ХНУ с 2012 года осуществляется программа сотрудничества, в рамках которой продукты семейства SolidWorks используются в как в учебном процессе, так и для научных исследований.

В ХНАДУ предпочли использовать продукты семейства autodesk . Для них бесплатно предоставляется студенческая лицензия. Бесплатная студенческая версия также предоставляется для продуктов семейства matlab, к которому относится Simscape Multibody (ранее SimMechanics) - среда для трёхмерной симуляции многотельных механических систем. На основе построенной системы из блоков в редакторе, Simscape Multibody формулирует и решает уравнения движения для всей механической системы. Модели из САД систем могут быть импортированы в Simscape Multibody вместе с информацией о массе, инерции, соединениях, ограничениях и 3D геометрии импортируемых моделей. Система генерирует 3D анимацию для визуализации динамики системы.

Основные сложности возникают у студентов при выполнении курсового проекта. Литература с типовыми заданиями и традиционными рекомендациями выполнения представляется устаревшей. В качестве примера можно привести выполненный в 2014 г. в ОНПУ курсовой проект, представляющий собой расчет паровой машины, осуществленный классическими приближенными графическими методами в двумерном редакторе Компас. Применение трехмерного моделирование представляется более привлекательным.

Создание простейшей трехмерной модели механизма и получение его кинематических и динамических характеристик встроенными в программный пакет численными методами не требует предварительной подготовки студента. Студент, имеющий предварительную математическую подготовку, может связать модель с пакетом математического моделирования и применить точные методы расчета механизма. Полученная при изучении ТММ модель механизма может совершенствоваться, детализироваться и усложняться в ходе изучения дисциплин «детали машин», «расчет и конструирование специализированного оборудования», при

дипломном проектировании. Студент, владеющий системой трехмерного моделирования, может получить соответствующий сертификат, который наряду с эффективным курсовым или дипломным проектом может быть использован для повышения ценности на рынке труда. Специализированные программы, созданные на основании классического курса ТММ, практически бесполезны. Использование трехмерного моделирования делает изучение ТММ наглядным и эффективным, позволяет заинтересовать студента и познакомит его с новейшими технологиями. Интеграция пакетов трехмерного моделирования и математических пакетов позволяет комбинировать точные и численные методы расчета механизмов и машин. Не имеет особого значения выбор конкретного продукта трехмерного моделирования, так как наиболее распространенные профессиональные пакеты имеют сходный и более чем достаточный для использования при изучении ТММ функционал, а модель всегда может перенесена из одного пакета в другой – напрямую или через нейтральные файлы. Использование программных продуктов при изучении ТММ без нарушения авторских прав вполне возможно, так как одни пакеты предоставляют бесплатные студенческие версии, другие – пробные версии с достаточным даже для выполнения курсового проекта сроком использования и доступным функционалом. Трехмерные модели легко могут быть превращены в наглядные пособия и физические модели механизмов при помощи инструментов быстрого прототипирования – 3д принтеров и станков с ЧПУ, доступность которых неуклонно повышается.

1 Мирошник С.А., Ерошин С.С., Брешев В.Е. Применение торцевого асинхронного двигателя для непосредственного привода рабочего колеса центробежного насоса // Тр. МНТК „Физические и компьютерные технологии”. – Харьков: ХНПК ФЭД, 2008. – С. 401–403.

2 Кроль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення: навчальний посібник / О.С. Кроль, В.І. Соколов. – Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 160 с.: табл. 1, рис. 144, бібліогр. назв. 38. ISBN 978-617-11-0074-9

3 Я. Т. Кіницький, В. О. Харжевський, М. В. Марченко. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad: Навчальний посібник. - Хмельницький: РВЦ ХНУ, 2014. -324 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ДОБЫЧНЫХ ЗАБОЕВ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ В СХЕМАХ ДЕГАЗАЦИИ

Шевченко Д. Студент гр. ГИР -18дс

Научный руководитель ст. преподаватель Олейниченко А.А.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

При повышении скорости продвижения добычного забоя отвечающие требованиям газовыделения, важнейшую роль представляет эффективность дегазационной системы. Продуктивность дегазации подрабатываемого ресурса при нарастании быстроты подвигания возможен как при возрастании, так и снижении. Скажем, при эффективности дегазационной системы 70 м³/мин возрастает скорость передвижения очистного забоя с 2 до 5,3 м/сут, что вызвало увеличение общего (суммарного) газовыделения с 20 до 55 м³/мин, количество заключенного газа-метана возросло с 10 до 40 м³/мин. Показатель продуктивности увеличился с 55 до 70%.

При использовании 6-й панельной лавы пласта шахты №13-бис ПО «Донбассантрацит» продуктивность дегазационной системы не было больше 10 м³/мин. Возрастание быстроты подвигания очистного забоя с 1,8 до 5,6 м/сут наблюдался увеличением метановыделения из подрабатываемых пластов с 3,5 до 17

м³/мин. Расходование газа-метана, выделяющегося скважинами, возросло с 1,6 до 5,0 м³/мин, а продуктивность дегазации уменьшилось с 50 до 24%.

По пробным данным наблюдали перемену среднего показателя метана, отводимого дегазационными системами этих добычных участков при установленных данных быстроты подвигания очистных забоев 2,3,4 и 5 м/сут.

Изучение пробных данных связанности продемонстрировала большое скопление взаимозависимой связи для положения обеих шахт. Практическая зависимость при большой газообильности добычного участка и удовлетворенной продуктивности дегазационной системы шахты им. газеты «Известия» ПО «Донбассантрацит» показало взаимозависимое отношение.

Согласно условиям шахты №13-бис ПО «Донбассантрацит» при небольшой продуктивности дегазационной системы это взаимозависимое отношение было аналогично продуктивности дегазационной системы шахты им. газеты «Известия» ПО «Донбассантрацит». Сходство полученных данных при различной газообильности выемочных участков и продуктивности дегазационных систем указывают о сходстве процессов смещения подработанных пород.

Литература

1. Касимов О. И. влияние скорости подвигания очистных забоев на эффективность дегазации подработанных пластов/О.И. Касимов, Н.И. Антощенко// Сб. Научных трудов МакНИИ Способы безопасного выделения взрывных работ борьба с выбросами в угольных шахтах – Макеевка – Донбасс – 1983. – с. 58-64.

ТЕХНОЛОГІЯ-2019
матеріали,
XXII міжнародної науково-технічної конференції
26 - 27 квітня 2019 року
м. Сєвєродонецьк
Частина 1

Підписано до друку 02.05.2019р.
Формат 60×90 1/16. Папір офсетний.
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 3,0. Обл. – видав. арк. 0,89.
Тираж 300 прим. Зам. 134.

Поліграфічний центр
видавництва Східноукраїнський національний університет
ім. Володимира Даля
пр. Центральний, 59-а, м. Сєвєродонецьк, 93400

