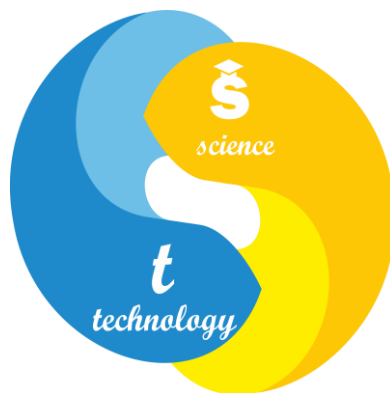


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ  
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 24”**

Дніпро  
2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ  
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 24”  
23-24 травня 2024 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ**

**Том 1**

Дніпро  
2024

УДК 669(043.2)

М 75

Молода академія - 24. Т.І: зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, Дніпро, 23-24 травня. 2024 р.-Дніпро: УДУНТ, 2024, 187 с

У збірці приводяться тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції студентів і молодих учених «Молода академія – 24» в яких узагальнюються підсумки науково-технічної творчості студентів і молодих учених закладів вищої освіти України та закордонних країн. Розглянуті питання створення нових та удосконалення існуючих технологічних процесів, вирішення проблем сучасного виробництва для забезпечення конкурентоспроможності продукції на світовому ринку. Надано рекомендації щодо успішного функціонування провідних галузей шляхом вирішення окреслених в тезах проблем в Україні в умовах воєнного стану.

У I томі збірника розглянуті питання сучасних металургійних процесів ресурсо -та енергозощаджуючих технологій, спрямованих на вирішення проблем гірничо-металургійного комплексу. Також висвітлюються питання виготовлення деталей та складання вузлів, поліпшення конструкцій, раціоналізації технологій використання, технічного обслуговування та ремонту промислового обладнання, колісних і гусеничних транспортних засобів. Поручено питання структурно-фазових перетворень при термічних, термомеханічних та корозійних процесах у металах та сплавах. Розглянуті питання раціонального використання енергетичних ресурсів, інженерної екології та безпеки життєдіяльності.

#### **Організаційний комітет конференції:**

Голова: д.т.н., професор Проїдак Ю.С.- проректор з наукової роботи УДУНТ

#### **Члени організаційного комітету:**

д.т.н., професор Нізяєв К.Г.

к.т.н., доцент Бобух О. С.

д.т.н., професор Білодіденко С.В.

к.т.н., доцент Негруб С.Л. ;

д.т.н., професор Дейнеко Л. М.

к.т.н., доцент Усенко А.Ю.

к.т.н., доцент Селівьорстова Т.В.

д.е.н., професор Довбня С.Б.

к.е.н., доцент Козенков Д.Є.

д.т.н., професор Должанський А.М.

д.т.н., професор Єрьомін О.О.

к.т.н., доцент Ніколенко А.В.

д.ф.-м.н., професор Штапенко Е.П.

д.іст.н, професор Кривчик Г.Г.

бібліотекар 1 категорії Мартинова Л.З.

| №№<br>з/п | ЗМІСТ ЗБІРНИКА                                                                                                                                                                      | Стор      |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>  | <b>Секція «Металургія (Пірометалургія)»</b>                                                                                                                                         | <b>14</b> |
| <b>I</b>  | <b>Підсекція «Металургія чавуну»</b>                                                                                                                                                | <b>14</b> |
| 1         | Котовщиков А.О. (МЕ01-23м), Круглов А.М. (аспірант) «Поліпшення структури агломераційного шару для підвищення якості продукції» (кер. доц. Ягольник М.В.)                           | 14        |
| 2         | Жиглінський В.І. (МЕ01-23м), Ремесло О.О. (аспірант) «Ефективність агломераційного процесу при використанні підвищеної кількості техногенних матеріалів» (кер. доц. Ягольник М.В.)  | 14        |
| 3         | Маленко К.І. (МЕ01-18м) «Вибір та обґрунтування раціональної конструкції шахти доменної печі» (кер. проф. Бочка В.В.)                                                               | 15        |
| 4         | Диленок І.І. (МЕ01-18м) Олексієнко М.М. (аспірант) «Оцінка ефективності використання в доменній печі пиловугільного палива» (кер. проф. Бочка В.В.)                                 | 15        |
| 5         | Літус Д.О. (МЕ01-18м) «Розробка заходів по зменшенню вмісту сірки в передільному чавуні» (кер. проф. Бочка В.В.)                                                                    | 16        |
| 6         | Вовк Вад. А. (МЕ01-18м) «Дослідження впливу основності шихти на параметри теплової обробки окатишів» (кер. доц. Ягольник М.В.)                                                      | 16        |
| 7         | Вовк Влад. А. (МЕ01-18м), Трещов В.Е. (аспірант) «Обґрунтування ефективності застосування роздільного огрудкування в умовах агломераційної фабрики» (кер. доц. Бойко М.М.)          | 16        |
| 8         | Подушко К.А. (МЕ01-18м), Місюра О.О. (аспірант) «Оцінка можливості використання пошарового завантаження окатишів при обпалі з застосуванням твердого палива» (кер. доц. Бойко М.М.) | 17        |
| 9         | Dipl.-Ing. Oleksandr Kovtun (IIST, Germany) «Effect of parameters on the reduction rate during H <sub>2</sub> -based reduction of iron ore pellets»                                 | 18        |
| <b>II</b> | <b>Підсекція «Металургія сталі»</b>                                                                                                                                                 | <b>19</b> |
| 1         | Еміш К.А. (МЕ02-23-М), асп. Танчев О.А. «Дослідження впливу шлакоутворюючих на позапічну десульфурацію сталі під час обробки на У КП» (кер. доц. Журавльова С.В.)                   | 19        |
| 2         | Жук Є.Є. (МЕ02-23-М), асп. Марко А.Ф. «Застосування біоматеріалів у сталеплавильному виробництві» (кер. доц. Журавльова С.В.)                                                       | 19        |
| 3         | Кравцов В.В. (МЕ02-23-М), асп. Острянін Р.Є. «Дослідження ефективності продувки сталі у промковші МБЛЗ інертним газом» (кер. доц. Синегін Є.В.)                                     | 20        |
| 4         | Сахно І.С., (МЕ02-23-М), асп. Журавльова І.В. «Форми пошкодження воднем безперерволитих флокеночутливих сталей» (кер. доц. Синегін Є.В.)                                            | 21        |
| 5         | Язєв О.В. (МЕ02-23-М), асп. Мусійко В.І. «Аналітичні дослідження впливу окисленості металу на формування неметалевих включень» (кер. доц. Стоянов О.М.)                             | 21        |
| 6         | Волков А.М. (МЕ02-23-М), асп. Скрипник А.В. «Розрахунок втрат теплоти в різні періоди компанії футеровки конвертера» (кер. доц. Стоянов О.М.)                                       | 22        |
| 7         | Гриненко В.В. (МЕ02-23-М), асп. Шашкін Т.А «Експлуатація футеровки конвертера» (кер. доц. Стоянов О.М.)                                                                             | 23        |
| 8         | Сірій О. О. (МЕ02-20), асп. Мусійко В.І. «Аналіз процесів рафінування сталі в конвертері» (кер. доц. Стоянов О.М.)                                                                  | 24        |
| 9         | Мітран М.П. (МЕ 02-20) «Оцінка можливості використання відходів суміжного виробництва при позапічній обробці сталі» (кер. доц. Мамешин                                              | 25        |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | В.С.)                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
| 10  | Банний О. Ю. (МЕ02-20), асп. Ковальов Д. Ю «Застосування технології композитних DRI окатишів при утилізації шламів металургійного виробництва» (кер. проф Нізяєв К.Г.)                                                                                                                | 25 |
| 11  | Altynova A.E. (Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Казахстан) «Research and development of lining manufacturing technology using man-made waste from steelmaking»( Head Dr. P.H.D. Arinova S.K.)                                                              | 26 |
| 12  | Dipl.-Ing. Mykyta Levchenko (IIST, Germany) «Viscosity of industrial BOF slags as a functions of CaO/SiO <sub>2</sub> ratio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , and V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> »                                                                                     | 27 |
| 13  | Dipl.-Ing. Anton Yehorov (IIST, Germany) «Corrosion of MgO-C refractory from molten secondary metallurgical ladle slag»                                                                                                                                                               | 27 |
| III | <b>Підсекція «Електрометалургія»</b>                                                                                                                                                                                                                                                  | 29 |
| 1   | Радостєв Є.А (МЕ-04-20) «Технологічні особливості виплавки високовуглецевого феромарганцю флюсовим способом» (кер. проф. Гладких В.А.)                                                                                                                                                | 29 |
| 2   | Руденко А.О. (МЕ04-20) «Виплавка феросилікомарганцю з використанням вітчизняної марганцевої сировини» (кер. проф. Гладких В.А.)                                                                                                                                                       | 29 |
| 3   | Богдан А.О., Агєєв О.Г. (МЕ05-23м) «Дослідження температурно-часових режимів формування безперервних самообпалювальних електродів електропечей для виплавки марганцевих феросплавів» (кер. доц. Дерев'янка І.В.)                                                                      | 29 |
| 4   | Гончаров В.В. (МЕ04-23М), Дамаскін Ю.П. «Розробка технології виплавання ферросилікомарганця з використанням марганцевого магнезійного агломерату» (кер. доц. Дерев'янка І.В.)                                                                                                         | 30 |
| 5   | Дмухайло А.А. (МЕ04-23М) Заболотських Є.В. «Теоретичні передумови використання вуглецькарбідокремнієвих матеріалів у складі шихти при виплавці феросилікомарганцю» (кер. доц. Дерев'янка І.В.)                                                                                        | 31 |
| 6   | Matsyshyn V. (Ph.D student), Miroshnichenko I. (МЕ04-23м), Morozov M. ( МЕ04-23м) «Mathematical modelling of spreading of dust and gas emissions during sintering of manganese concentrates and smelting of manganese ferroalloys»(Supervisor Ph.D, Associated professor Zhadanos O.) | 31 |
| 7   | Shepetyak E.(Ph.D student), Mayor O.(МЕ04-23м), Tkachenko D. (МЕ04-23м) «Forecasting the molten steel temperature during the vacuum degassing process» (Supervisor: Ph.D, Associated professor Zhadanos O.)                                                                           | 32 |
| 8   | Іваничик О.В. (МЕ-04-20) «Застосування технологій вищого рівня з метою підвищення якості електросталі» (кер. доц. Рубан А.В.)                                                                                                                                                         | 33 |
| 9   | Попов В.А. (МЕ-04-20) «Дослідження рівноваги в оксидній системі MnO-SiO <sub>2</sub> » (кер. доц. Рубан А.В.)                                                                                                                                                                         | 34 |
| IV  | <b>Підсекція «Металургія кольорових металів»</b>                                                                                                                                                                                                                                      | 34 |
| 1   | Жека Є.В. (МЕ06-20) «Розробка технологічної схеми та процесу отримання глинозему» (кер. доц. Колбін М.О.)                                                                                                                                                                             | 34 |
| 2   | Робота М.М. (МЕ06-20) «Розробка технологічної схеми та процесу рафінування чорного свинцю» (кер. доц. Колбін М.О.)                                                                                                                                                                    | 35 |
| 3   | Підкуйко С.С. (МЕ06-20) «Розробка технологічної схеми та процесу отримання титанової губки з мінеральної сировини»(кер. доц. Колбін М.О.)                                                                                                                                             | 36 |
| 4   | Веретеннікова Х.Г. (МЕ06-13М) «Технологічні особливості виплавки силуміну з рудної сировини» (кер. проф. Ігнат'єв В.С.).                                                                                                                                                              | 36 |
| 5   | Харченко А.С. (МЕ06-13М) «Особливості автогенного процесу виплавки міді в печі Ванюкова» (кер. проф. Ігнат'єв В.С.).                                                                                                                                                                  | 37 |

|    |                                                                                                                                                                                                   |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6  | Рєбристий Ю.В. (МЕ06-13М) «Фізико-хімічні особливості процесу одержання порошкового титану» (кер. проф. Ігнат'єв В.С.).                                                                           | 37 |
| 7  | Горовий В.О. (МЕ06-20) «Розробка процесу виплавки мідних сплавів в індукційній печі» (кер. проф. Ігнат'єв В.С.).                                                                                  | 37 |
| 8  | Коротя О.І. (МЕ06-20) «Розробка процесу виплавки чорного свинцю зі вторинній сировині» (кер. доц. Головачов А.М.).                                                                                | 38 |
| 9  | Фурсенко Р.А. (МЕ06-20) «Розробка процесу виробництва цирконію» (кер. доц. Колбін М.О.).                                                                                                          | 38 |
| 10 | Передерєєв В.В. (8.1363-мкм, ІННІ_ЗНУ) «Особливості виробництва сплавів на основі міді» (кер. доц. Воляр Р.М.).                                                                                   | 39 |
| 11 | Ковліков А.В. (аспірант, ІННІ_ЗНУ) «Особливості направленої кристалізації монокристалів кремнію» (кер. доц. Воляр Р.М.).                                                                          | 39 |
| 12 | Серба М.Д. (6.1451, ІННІ_ЗНУ) «Дослідження теплових умов кристалізації монокристалічного кремнію методом Чохральського» (кер. доц. Воляр Р.М.).                                                   | 40 |
| 13 | Іванніков С.В. (6.1362, ІННІ_ЗНУ) «Особливості технології відновлення та сепарації губчастого титану» (кер. доц. Воляр Р.М.).                                                                     | 40 |
| 14 | Жмурков П.В. (8.1743, ЗНУ), Жмуркова К.І. (8.1362-мкм, ІННІ_ЗНУ) «Удосконалення системи управління параметрами декомпозиції при виробництві глинозему за способом Байєра» (кер. доц. Воляр Р.М.). | 41 |
| 15 | Безрученко О.В. (8.1363-мкм, ІННІ_ЗНУ) «Особливості процесу кальцинації у виробництві глинозему» (кер. доц. Воляр Р.М.).                                                                          | 41 |
| 16 | Дьомін О.С. (8.1363-мкм-дн, ІННІ_ЗНУ) «Дослідження сучасного стану та напрями вдосконалення рафінування алюмінієвих розплавів, отриманих із вторинної сировини» (кер. доц. Нестеренко Т.М.).      | 42 |
| 17 | Крамаренко Є.О. (6.1360, ІННІ_ЗНУ) «Про вдосконалення отримання ультрадисперсних металевих порошків у струменевих млинах» (кер. доц. Нестеренко Т.М.).                                            | 42 |
| V  | <b>Підсекція «Теоретичних основ металургійних процесів»</b>                                                                                                                                       | 43 |
| 1  | Дмитренко Є.М.(МЕ03-18Мн) «Дослідження кінетики утворення нітридів у сталях аустенітного класу» (кер. доц. Ісаєва Л.Є.)                                                                           | 43 |
| 2  | Литвиненко Д.К. (МЕ03-18Мн) «Дослідження гомогенних реакцій утворення нітридів V і Мо у залізних сплавах» (кер. доц. Ісаєва Л.Є.)                                                                 | 43 |
| 3  | Друченський Є.І. (МЕ03-18Мн), Комар А.С. (аспірант) «Вибір шихтових матеріалів для виплавки марганцевих феросплавів з контролюваним вмістом фосфору» (кер. доц. Надточій А.А.)                    | 44 |
| 4  | Марченко Я.О. (МЕ03-18Мн), Губа Р.М.(аспірант) «Термодинамічний аналіз поведінки бору у високолегованих сталях 14х17н2» (кер. доц. Надточій А.А.)                                                 | 45 |
| 5  | Мінухін М. Г. (МЕ03-20) «Вдосконалення методу вилучення металів з відходів гальванічного виробництва» (кер. доц. Кузнецов Є. В.)                                                                  | 45 |
| 6  | Dipl.-Ing. Lukas Neubert (IIST, Germany) «Phosphorus Partition Between Liquid Crude Steel and High-Basicity Basic Oxygen Furnace Slags Containing V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> »                 | 46 |
| 7  | Dipl.-Ing. Nataliia Tinkova (IIST, Germany) «Viscosity measurements of CaO-SiO <sub>2</sub> , CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> melts»                                                           | 46 |
| 8  | M.Sc. Matheus Roberto Bellé (IIST, Germany) «Effect of sulphur on the surface tension of manganese-boron steels»                                                                                  | 48 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                 |           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| VI | <b>Підсекція «Ливарне виробництво»</b>                                                                                                                                                                                          | <b>49</b> |
| 1  | Ковальчук В.І. (МЛ01-18Мн) «Дослідження розподілу сульфідів магнію у масивних виливках» (кер. проф. Хричиков В.Є.)                                                                                                              | 49        |
| 2  | Олексієнко Р. А. (МЛ 01-20) «Дослідження впливу пилоподібних відходів на властивості формувальних сумішей з ЛСТ» (кер. доц. Мазорчук В.Ф.)                                                                                      | 49        |
| 3  | Крайняк В. В. (МЛ 901-19) «Дослідження властивостей рідкоскляних формувальних сумішей з використанням піску з відвалу» (кер. доц. Мазорчук В.Ф.)                                                                                | 50        |
| 4  | Бугайов С.В. (МЛ01-18-Мн) «Дослідження впливу комплексних модифікаторів на структуру і властивості валкових чавунів» (кер. проф. Іванова Л.Х.)                                                                                  | 50        |
| 5  | Хрінік Є.В. (МЛ01-20) «Вплив модифікування на структуру хромистого чавуну» (кер. проф. Іванова Л.Х.)                                                                                                                            | 50        |
| 6  | Теплицький Є.А. (МЛ01-23-1Мн) «Дослідження впливу модифікування на релаксацію напруг у чавунних виливках» (кер. проф. Іванова Л.Х.)                                                                                             | 51        |
| 7  | Дамченко Д.О. (МЛ03-23-М) «Теплове оброблення виливків як резерв підвищення їх якості» (кер. проф. Іванова Л.Х.)                                                                                                                | 51        |
| 8  | Романченко Н.В.(МЛ01-21-Т) «Удосконалення технологічного процесу плавлення чавуну в індукційній тигельній печі ВТГ-10-22-бо-в УХЛ4» (кер. доц. Хитько О.Ю.)                                                                     | 52        |
| 9  | Другов Д. С. (МЛ02-20) «Дослідження впливу наповнювачів та зв'язуючих українських родовищ на технологічні та фізико-механічні властивості пгс» (кер. проф. Реп'ях С. І.)                                                        | 52        |
| 10 | Адамчук М.С. (МЛ01-18-мн) «Аналіз технологічних рішень використання надливів понадатмосферного тиску» ( кер. проф. Селівьорстов В.Ю.)                                                                                           | 53        |
| 11 | Пліска Д.М. (МЛ02-20) «Технологічні особливості стабілізації форм лvm на етапі заливки» ( кер. проф. Селівьорстов В.Ю.)                                                                                                         | 54        |
| 12 | Погорілий Д.А.,(МЛ02-20) «Аналіз заходів по підвищенню ефективності процесу рафінування ливарних сплавів системи al-si» (кер. доц. Доценко Ю.В.)                                                                                | 54        |
| 13 | Чорний М.В. (МЛ02-20) «Аналіз технологічних рішень з підвищення якості виливків із високомарганцовистої сталі» ( кер. проф. Селівьорстов В.Ю.)                                                                                  | 55        |
| 14 | Ухін Я. І. (МЛ02-20) «Дослідження впливу високодисперсного піровуглецю та підвищення технологічних властивостей формувальних та стрижньових сумішей» ( кер. доц. Осипенко І. О.)                                                | 55        |
| 15 | Черевань Д. В. (МЛ02-20) «Дослідження впливу технологічних факторів та складу водних протипригарних фарб на їх технологічні та фізико-механічні властивості» ( кер. доц. Осипенко І. О.)                                        | 56        |
| 16 | V. Kulikov, Sh. Baibekov, J. Zholdubaeva (Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Kazakhstan) «Development and research of technology for producing sand-resin molds with reduced binder content using static pressure» | 56        |
| II | <b>Секція «Механічна обробка»</b>                                                                                                                                                                                               | <b>57</b> |
| I  | <b>Підсекція «Обробка металів тиском»</b>                                                                                                                                                                                       | <b>57</b> |
| 1  | Крук С. В. (МЕ07-22-м) «Дослідження впливу геометрії розрізного калібру на формозміну розкату при гарячій прокатці» (кер. доц. Коноводов Д.В.)                                                                                  | 57        |
| 2  | Ревякін Д.О.( аспірант) «Виробництво екструзією біметалевих заготовок для деталей машинобудівного призначення» (кер. доц. Кузьміна О.М.)                                                                                        | 58        |
| 3  | Кондратьєв А. С. (МЕ07-22-М) «Дослідження поперечної                                                                                                                                                                            | 58        |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | різнотовщинності труб при прокатці в тривалкових клітях безперервного оправочного стану та способи її зниження» (кер. проф. Фролов Я. В.)                                                                                                           |    |
| 4   | Кучин А. Б. (МЕ07-22-М) «Дослідження впливу параметрів холодної пильгерної прокатки на температурний режим процесу» (кер. доц. Самсоненко А. А.)                                                                                                    | 59 |
| 5   | Дерябкін М. О. (МЕ07-22-М) «Дослідження напружено-деформованого стану металу при гарячій прокатці труб в трьохвалковому калібрі» (кер. доц. Самсоненко А. А., доц. Коноводов Д.В.)                                                                  | 60 |
| 6   | Леміжанський Т.Е. (МЕ07-22-М), Литвиненко С.В. (аспірант) «Теоретичне дослідження параметрів процесу при прокатці швелерного профілю №16" (керівник доц. Ремез О. А.)                                                                               | 61 |
| 7   | Польща О.С.(аспірант) «Дослідження залежності величини прогину сторін квадратної труби від тонкостінності заготовки» (кер. доц. Бояркін В.В.)                                                                                                       | 61 |
| 8   | Pischikov V.E.( Rudny Industrial University Kazakhstan) «Obtaining a gradient ultrafine grained structure in 5khv2s steel using radial-shear rolling» (head, prof. Lezhnev S.N.)                                                                    | 62 |
|     | <b>Підсекція «Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів»</b>                                                                                                                                                                       | 63 |
| II  |                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
| 1   | Тишкевич Д.М., Децюра О.Л., (МЕ09-20Н) «Аналіз точності труб при безоправочному волочінні» (кер.: доц. Соловійова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М)                                                                                                   | 63 |
| 2   | Бандурко Є.В.(МЕ909-19Н), Барабаш В.І.(МЕ915-19Н) «Розробка електронного довідника з технологічного проектування ділянки виробництва труб на станах хпт на базі систем управління проектами» (кер.: доц. Соловійова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М) | 64 |
| 3   | Дехтяренко Д.Є. (МЕ09-20Н), Михайленко О.Л. (МЕ915-19Н) «Підвищення зносостійкості прошивних оправок» (кер: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловійова І.А.)                                                                                        | 65 |
| 4   | Гусєв В.В., Рашинський В.М.(МЕ904-19Н), Павлов В.М.(МЕ04-20Н), «Аналіз особливостей виплавки феросилікомарганцю із застосуванням марганцевого агломерату підвищеної основності» (кер. доц. Водін І.Й.)                                              | 65 |
| III | <b>Секція «Машинобудування»</b>                                                                                                                                                                                                                     | 66 |
| I   | <b>Підсекція «Галузеве машинобудування»</b>                                                                                                                                                                                                         | 66 |
| 1   | Мозолєвський Д.Д. (МБ01-21) «Основи перевірного розрахунку кожуха доменної печі» (кер. проф. Білодіденко С.В.).                                                                                                                                     | 66 |
| 2   | Щербінін М.О. (МБ01-23-м) «Математична модель дослідження динамічних процесів у гідросистемі затискання штаби сегментного розмотувача» (кер. доц. Мазур І.А.).                                                                                      | 67 |
| 3   | Щербінін М.О. (МБ01-23-м) «Дослідження динамічних процесів у гідросистемі затискання штаби сегментного розмотувача» (кер. доц. Мазур І.А.).                                                                                                         | 68 |
| 4   | Волох В.І. (аспірант) «Контроль механізму коливань кристалізатору машини безперервного лиття заготовок» (кер. доц. Мазур І.А.).                                                                                                                     | 69 |
| 5   | Грицьков О.А. (МБ01-21-т) «Робоча кліть стану ХПТ – 55 з двома валковими установками» (кер. доц. Кононов Д.О.).                                                                                                                                     | 70 |
| 6   | Руденко М.О. (МБ01-20) «Кінцево-елементний розрахунок кульового шпинделя» (кер. доц. Кононов Д.О.).                                                                                                                                                 | 71 |
| 7   | Лісна Д.В. (МБ01-23) «Розробка методів прогнозування технологічних показників роботи вібраційного грохота з еластичними ситами» (кер. доц. Кононов Д.О.).                                                                                           | 72 |

|    |                                                                                                                                                                                                 |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8  | Ціколія А.З. (аспірант) «Аналіз існуючих конструкцій безперервних листових станів» (кер. доц. Кононов Д.О.).                                                                                    | 72 |
| 9  | Горбатенко І.В. (МБ01-20) «Кривошипний механізм приводу пересування робочої кліті стану холодної прокатки труб (ХПТ)» (доц. Толстіков Г.І.)                                                     | 74 |
| 10 | Бондар І.В., Скаліуш З.С. (ПМФК) «Дослідження режимів стабілізації вихідної напруги автономної генераторної установки з компенсацією інерційності контуру збудження» (кер. к.т.н. Хоменко В.І.) | 74 |
| 11 | Бачурін А.В. (ПМ2321) «Розробка вимірювальної системи стенда для дослідження робочих процесів машин для земляних робіт» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                             | 75 |
| 12 | Загороднюк О.А. (ПМ2321) «Дослідження і розробка технологічних процесів ремонту штоків гідроциліндрів» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                              | 76 |
| 13 | Прус Н.В. (ПМ2321) «Дослідження і розробка бульдозерного відвала-ущільнювача»                                                                                                                   | 77 |
| 14 | Черевченко Д.А. (ПМ2321) «Дослідження і розробка робочого обладнання бульдозера для ущільнення ґрунту» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                              | 78 |
| 15 | Бондаренко Д.В. (ПМ2012) «Модернізація робочого обладнання бульдозера підвищеної накопичувальної здатності» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                         | 79 |
| 16 | Бондаренко О.В. (ПМ2012) «Модернізація ножової системи робочого обладнання бульдозера» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                                              | 80 |
| 17 | Гасанов Р.С. (ПМ2012) «Модернізація робочого обладнання кабелеукладача» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                                                             | 81 |
| 18 | Панченко Є.О. (ПМ2012) «Проект одноковшового міні екскаватора» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                                                                      | 82 |
| 19 | Пікало А.О. (ПМ2011) «Розробка секційного відвала бульдозера» (кер. доц. Главацький К.Ц.)                                                                                                       | 83 |
| 20 | Іщук Д.Я. (ПМ2326) «Моделювання динамічних процесів занурювання паль» (кер. доц. Анофрієв П.Г.)                                                                                                 | 84 |
| 21 | Антонов В. Г. (ПМ2326) «Дослідження впливу часткової екскавації ґрунту з технологічної порожнини на силу статичного розширення конусним робочим органом» (кер. ст. викл. Посмітюха О.П.)        | 85 |
| 22 | Минаєнков Є. О. (ПМ2012) «Проект двонасосної гідростанції змінної продуктивності з приводом від ДВЗ» (кер. ст. викл. Посмітюха О.П.)                                                            | 85 |
| 23 | Петрунько В.О. (ПМ2012) «Розробка транспортера для пункту чищення та миття парку техніки» (кер. доц. Богомаз В.М.)                                                                              | 86 |
| 24 | Середа Ю.В. (ПМ2326) «Аналіз виробничо-економічних показників роботи екскаваторних комплексів» (кер. доц. Щека І.М.)                                                                            | 87 |
| 25 | Сущенко О.О. (ПМ2012) «Напрямки модернізації автомобільних кранів Держспецтрансслужби» (кер. доц. Щека І.М.)                                                                                    | 88 |
| II | <b>Підсекція «Колісні та гусеничні транспортні засоби»</b>                                                                                                                                      | 88 |
| 1  | Швая Т.М. (МБ02-23М) «Проблеми екології автотранспортних засобів в Україні» (кер. ст. викл. Сидоренко В.К.).                                                                                    | 88 |
| 2  | Орешин О.А. (МБ02-23М) «Спосіб діагностування насосів підживлення аксіально-поршневих гідромашин» (кер. ст. викл. Лосіков О.М.).                                                                | 89 |
| 3  | Папченко О.О. (МБ02-23М) «Дослідження роботи гальмівної камери вантажного транспортного засобу з пружинним енергоакумулятором» (кер. доц. Маліч М.Г.).                                          | 90 |
| 4  | Вавронішин М.В. (МБ02-23М) «Аналітичні дослідження показників                                                                                                                                   | 90 |

|           |                                                                                                                                                                             |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|           | довговічності відремонтованих насосів модифікації НШ-К» (кер. доц. Мельянцов П.Т.).                                                                                         |            |
| 5         | Григоренко О.В. (ПМ 2326) «Динаміка автомобільного підйомника для водія з обмеженими можливостями» (кер. доц. Анофрієв П.Г.).                                               | 91         |
| 6         | Гудеюк Б.В. (ПМ 2326) «Динаміка автомобіля-самонавантажувача під час підйому вантажу» (кер. доц. Анофрієв П.Г.).                                                            | 91         |
| 7         | Гармашова К. В. (гр. УА2211) «Порівняльний аналіз колісної та гусеничної техніки» (кер. доц. Нестеренко Г. І.)                                                              | 92         |
| 8         | Андрущенко В. М. (гр. 2-ТТ-1) «Вплив гусеничної та колісної техніки на асфальто-бетонне покриття» (кер. доц. Музикін М. І.)                                                 | 93         |
| 9         | Рудь М. В. (гр. 1-ТТ-СК) «Аналіз переваг та недоліків колісної та гусеничної техніки» (керівник доцент Бібік С. І.)                                                         | 94         |
| 10        | Попов С.Д. (АГ2011) «Розробка і дослідження технологічного процесу ремонту блоку циліндрів ДВЗ» (кер. доц. Главацький К.Ц., ст. викл. Черкудінов В.Е.)                      | 94         |
| 11        | Тімонін О.С. (АГ2011) «Удосконалення гідравлічного механізму борта вантажного автомобіля» (кер. доц. Главацький К.Ц., ст. викл. Черкудінов В.Е.)                            | 95         |
| 12        | Соломенний О.С. (ПМ2321) «Аналіз характеристик колісних навантажувачів» (кер. ст. викл. Черкудінов В.Е.)                                                                    | 96         |
| 13        | Фадєєв Д.Д. (ПМ2321) «Розробка дільниці з ремонту коробок зміни швидкостей транспортних засобів» (кер. ст. викл. Черкудінов В.Е.)                                           | 97         |
| 14        | Худенко Є.В. (ПМ2321) «Засоби вимірювання витрати палива дизельного двигуна» (кер. ст. викл. Черкудінов В.Е.)                                                               | 98         |
| 15        | Грінюв С. П. (АГ1916) «Проект переобладнання автомобіля ЗАЗ Ланос на електротягу» (кер. ст. викл. Посмітюха О.П.)                                                           | 98         |
| 16        | Дубовик Д. С. (ПМ21160) «Проектування бортового редуктора для автомобіля підвищеної прохідності» (кер. ст. викл. Посмітюха О.П.)                                            | 99         |
| 17        | П'ятков С. К. (АГ21120) «Особливості будови коробки передач S-tronic автомобіля Audi R8» (кер. доц. Куроп'ятник О. С.).                                                     | 99         |
| 18        | Телятник І. С. (АГ21120) «Аналіз показників міцності елементів приводу автомобіля» (кер. доц. Куроп'ятник О. С.).                                                           | 100        |
| 19        | Gnesnyi A.V. (УЛ2321 (455) „Ein technisches Wunderwerk” (Betr. Hochschulehrerin M.L.Smytnowa)                                                                               | 101        |
| <b>IV</b> | <b>Секція «Інженерна механіка»</b>                                                                                                                                          | <b>102</b> |
| <b>I</b>  | <b>Підсекція «Прикладна механіка»</b>                                                                                                                                       | <b>102</b> |
| 1         | Негруб М.С. (ІМ01-20) «Призначення режимів різання за допомогою калькуляторів від виробників різального інструмента» (кер. проф. Анісімов В.М.)                             | 102        |
| 2         | Овчаренко К.Д. (ІМ01-20) «Нарізування зубів методами фірми «KLINGELNBERG» на валу-шестерні редуктора «TATRA «RT8D5M»» (кер. доц. Негруб С.Л.)                               | 103        |
| 3         | Іванов Д.Ю. (ІМ901-19) «Обґрунтування необхідності сучасного підходу до проектування технологічних процесів обробки на прикладі валу редуктора» (кер. доц. Бондаренко С.В.) | 104        |
| 4         | Тимченко О.В. (ІМ901-19) «Комп'ютерне моделювання процесу розробки технологічної документації» (кер. ст. викл. Карабут В.М.)                                                | 104        |
| 5         | Байдак Д.Г. (МБ01-22) «Аналіз причин виникнення вісьових сил на станах ХПТ» (кер. доц. Сьомічев А.В.)                                                                       | 105        |
| 6         | Кірик М.М. (МБ01-22-2т) «Переваги префаб-технології будівництва» (кер.                                                                                                      | 105        |

|           |                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|           | доц. Каряченко Н.В.)                                                                                                                                                                                                              |            |
| 7         | Nosirov T.N., Karimova A.R. (Tashkent State Technical University, Uzbekistan) «Influence of the working part of the skew rolling mill linear guide on the technological process of rolling»                                       | 106        |
| <b>V</b>  | <b>Секція «Матеріалознавство та термічна обробка металів»</b>                                                                                                                                                                     | <b>107</b> |
| <b>I</b>  | <b>Підсекція «Прикладне матеріалознавство»</b>                                                                                                                                                                                    | <b>107</b> |
| 1         | Сидоренко А.В. (МВ01-20-1) «Вибір раціональної марки чавуну для гальмівних рукавів вантажних вагонів за даними аналізу мікроструктури та механічних властивостей» (кер. проф. Узлов К.І.)                                         | 107        |
| 2         | Семенчевський Є.О. (МВ01-20-1) «Вибір матеріалу для виготовлення металевих будівельних конструкцій» (кер. проф. Погребна Н.Е.)                                                                                                    | 107        |
| 3         | Комісаров К.А. () «Вибір матеріалу для виробів, які використовують в тепловій енергетиці» (кер. проф. Погребна Н.Е.)                                                                                                              | 108        |
| 4         | Коваленко І.С. (МВ01-20-1) «Використання сталі 08Ю для виробництва автомобільного листа» (кер. доц. Котова Т.В.)                                                                                                                  | 109        |
| 5         | Комеристий І.В. (МВ01-20-1) «Особливості пошкоджень при експлуатації та технології виготовлення колінчастих валів» (кер. проф. Миронова Т.М.)                                                                                     | 109        |
| 6         | Салкуцан А.С. (МВ01-23-М) «Способи покращення експлуатаційних властивостей інструменту із швидкорізальних сталей» (кер. проф. Миронова Т.М.)                                                                                      | 111        |
| 7         | Dipl.-Ing. Caroline Quitzke, Dr.-Ing. Marco Wendler , (IIST, Germany) «Microstructure in TIG welded austenitic stainless steel with different N content»                                                                          | 112        |
| <b>II</b> | <b>Підсекція «Термічна обробка металів»</b>                                                                                                                                                                                       | <b>113</b> |
| 1         | Литвин С.С. (МВ01-20-2) «Розробка швидкісних режимів термічної обробки боровмісних сталей» (кер. ст. викл. Соболенко М.О., ст. викл. Кокашинська Г.В.)                                                                            | 113        |
| 2         | Маленик Т.А. (МВ01-20-2) «Дослідження можливостей деформованості аустенітної сталі» (кер. ст. викл. Соболенко М.О.)                                                                                                               | 114        |
| 3         | Майборода А.С. (МВ01-20-2) «Дослідження впливу режиму термічної обробки на структуру та властивості дроту з вуглецевих марок сталі» (кер. проф. Перчун Г.І.)                                                                      | 114        |
| 4         | Кривобородов Д.В. (МВ01-20-2) «Дослідження впливу режиму термічної обробки на властивості поковок з вуглецевих марок сталей» (кер. проф. Перчун Г.І.)                                                                             | 115        |
| 5         | Артемук Р.В. (МВ01-20-2) «Дослідження режиму термічної обробки зварювального дроту в умовах ПрАТ «ДНІПРОМЕТИЗ» (кер. проф. Перчун Г.І.)                                                                                           | 115        |
| 6         | Гужеля В.В. (МВ01-20-2) «Матеріали для ресор і пружин: аналіз характеристик та вибір оптимальних властивостей» (кер. ст. викл. Карпова Т.П., Григор'єва Н.О.)                                                                     | 116        |
| 7         | Заплава А.С. (МВ01-20-2) «Огляд методів підвищення довговічності залізничних бандажів» (ст. викл. Карпова Т.П., Мірошникова Т.П.)                                                                                                 | 117        |
| 8         | Мачула М.В. (МВ01-20-2) «Іонне азотування інструментальних сталей» (кер. доц. Романова Н.С., ст. викл. Кокашинська Г.В.)                                                                                                          | 117        |
| 9         | Заліт А.Е. (МВ01-20-2) «Фрактальна розмірність у матеріалознавстві» (кер. доц. Романова Н.С.)                                                                                                                                     | 118        |
| 10        | A.E. Moldakhmetova (L. Gumiliyov Eurasian National University) «The impact of plasma arc current and ceramic nozzle diameter on the depth of the hardened zone in plasma quenching» (supervisor A.A. Kanaev, Ph.D. in Physics and | 119        |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|     | Mathematics, Sr. Research Scientist)                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
| 11  | I.M. Kosanova L. Gumilyov Eurasian National University) « The peculiarities of plasma hardening of thin-walled small mass parts» (supervisor A.T. Kanaev, Prof., D.Sc., A.V. Ivchenko, Assoc. Prof., Ph.D. in Technical Sciences)                                                              | 120 |
| 12  | Jaxymbetova M.A.( NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University))«Development of a mathematical model for predicting the mechanical properties of reinforcing steel from grade st5 during deformation-thermal treatment» (Doctor of Technical Sciences, Professor Kanayev A.T.) | 121 |
| 13  | Kossanova I.M.( NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University))<br>«About the features of plasma hardening thin-walled parts of low weight» (managers Doctor of Technical Sciences, Professor Kanayev A.T.)                                                                     | 121 |
| 14  | Baiseitova E.A.(Technical University named after Abylkas Saginov, Kazakhstan) «Recycling metallurgical waste as a way to create a waste-free industry» (supervisor – candidate of technical sciences, professor Kulikov V.Y.)                                                                  | 122 |
| III | <b>Підсекція «Покриття, композиційні матеріали та захист металів»</b>                                                                                                                                                                                                                          | 123 |
| 1   | Лебідь Ю.В. (ME910-19) «Сучасна технологія нанесення хромового покриття на деталі радіоапаратури» (кер. доц. Ковзик А.М.).                                                                                                                                                                     | 123 |
| 2   | Євенко О.М. (MB01-20-1) «Технологія виробництва волок прокатних станів зі спеченого твердого сплаву» (кер. доц. Ковзик А.М.).                                                                                                                                                                  | 124 |
| 3   | Жданов В.С. (ME10-23м) «Розробка технологічних схем фосфатування сталльної заготовки для штамповки виробів складної конфігурації» (кер. доц. Носко О.А., доц. Аюпова Т.А.).                                                                                                                    | 124 |
| 4   | Тропа М.М. (MB04-23м) «Отримання виробів зі спеціальними властивостями шляхом просочування пористих спечених каркасів рідкими розплавами» (кер. доц. Носко О.А.).                                                                                                                              | 125 |
| 5   | Золотько А.В. (MB01-20-1) «Вибір оптимальної марки сталі для виготовлення пружин, що працюють у корозійних середовищах» (кер. доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.).                                                                                                                              | 126 |
| 6   | Загородний І.В. (MB04-23м) «Синтез вуглецевих наноматеріалів з контрольованою пористістю» (кер. доц. Рослик І. Г.).                                                                                                                                                                            | 126 |
| 7   | Сабанов Б.П. (ME07-20-2) «Вибір технології нанесення захисних покриттів на елементи силової обмотки газостату» (кер. доц. Біла О.В.).                                                                                                                                                          | 127 |
| 8   | Жук О.К. (ME910-19) «Сучасні технології нанесення порошкових покриттів на металеві конструкції» (кер. доц. Голуб І.В.).                                                                                                                                                                        | 128 |
| 9   | Пацкан М.В. (ME910-19) «Особливості антикорозійних покриттів для кріпильних виробів» (кер. доц. Голуб І.В.).                                                                                                                                                                                   | 129 |
| 10  | Губа М.Г. (MB01-20-1) «Формування композитного злитку з рідкого стану» (кер. доц. Головачов А.М.).                                                                                                                                                                                             | 130 |
| 11  | M. Sc. Anastasiia Sherstneva (IIST, Germany) «The effect of the particle size of austenitic steel powder obtained by an inert gas atomization on the characteristics of the powder»                                                                                                            | 130 |
| VI  | <b>Секція «Енергетика»</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | 131 |
| 1   | Шишко Є.С. (аспірант) «Підвищення енергетичної ефективності процесу формування зварних труб» (кер. доц. Форись С.М.).                                                                                                                                                                          | 131 |
| 2   | Щур М.С. (аспірант) «Підвищення ефективності використання газоповітряної суміші з шахтним метаном в когенераційних газопоршневих установках» (керівник доц. Форись С.М.).                                                                                                                      | 132 |
| 3   | Максимчук С.А. (аспірант) «Дослідження методів підвищення ефективності роботи парових котельних агрегатів з використанням                                                                                                                                                                      | 133 |

|    |                                                                                                                                                                                              |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | низькокалорійного палива» (керівник доц. Форись С.М.).                                                                                                                                       |     |
| 4  | Форись Ю.М.( аспірант) «Ефективність використання низькокалорійного палива в протиточних вапняно-випалювальних печах» (керівник проф. Федоров С.С.).                                         | 134 |
| 5  | Чистяков М.В. (аспірант) «Підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання приватного сектору» (кер. доц. Козлов Я.М.).                                                     | 135 |
| 6  | Дугарь В.В. (ТЕ01-20) «Підвищення енергетичної ефективності водогрійних котлоагрегатів з метою зменшення їх енерговитрат» (кер. доц. Козлов Я.М.).                                           | 135 |
| 7  | Беленко А. І. (ТЕ01-20) «Розрахунок теплових втрат трубопроводів теплових мереж підземної прокладки» (керівник проф. Біляєва В. В.).                                                         | 136 |
| 8  | Гаренко О. М. (ТЕ01-20) «Аналіз нагріву резервуару з нафтопродуктами під дією високих температур» (керівник проф. Біляєва В. В.).                                                            | 137 |
| 9  | Колосов І. В. (ТЕ01-20) «Аналіз систем кліматозабезпечення приватного будинку» (керівник доц. Коломієць О.В.).                                                                               | 137 |
| 10 | Рєпін В.С. (ХКМ 20 -1/9) «Зелені технології в охолодженні» (керівник доц. Коломієць О.В.).                                                                                                   | 138 |
| 11 | Губинський С.М. (аспірант) «Розробка енергоефективних агрегатів та режимів роботи для виробництва штучного графіту» (кер. доц. Усенко А.Ю.).                                                 | 139 |
| 12 | Губинський С.М. (аспірант) «Розробка енергоефективних агрегатів для рафінування природнього графіту» (кер. доц. Усенко А.Ю.).                                                                | 140 |
| 13 | Форись О.М. (аспірант) «Дослідження високотемпературного синтезу карбюраторів» (кер. проф. Федоров С.С.).                                                                                    | 140 |
| 14 | Зінченко В.О. (ТЕ01-23-М) «Дослідження екологічної ефективності енергетичного використання біопалива» (кер. доц. Усенко А.Ю.).                                                               | 141 |
| 15 | Воронко С.П. (ТЕ01-20) «Дослідження енергетичної ефективності варильних панелей» (кер. доц. Усенко А.Ю.).                                                                                    | 141 |
| 16 | Гончаров Д.В. (аспірант) «Удосконалення теплового режиму будівель шляхом використання енергозберігаючих матеріалів для побутових споживачів» (кер. доц. Усенко А.Ю.).                        | 143 |
| 17 | Каленик О. (ЕМ-21) «Проектування системи електроприводу вентилятору аспірації В1 конверторного цеху в умовах ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (кер. викл.-метод. ПМФК Капанжи С.)                          | 143 |
| P1 | <b>Підсекція «Теплотехніка»</b>                                                                                                                                                              | 144 |
| 1  | Григор'єв А.С. (МЕ13-23м) «Дослідження використання суміші повітря димових газів та технологічного кисню в якості окиснювача при опаленні доменних повітрянагрівачів» (кер. доц. Гупало О.В) | 144 |
| 2  | Токмаков П.В. (МЕ13-23м) «Розробка заходів щодо підвищення енергоефективності кільцевої печі» (кер. доц. Гупало О.В)                                                                         | 145 |
| 3  | Чуйкін О.Г. (МЕ13-23м) «Дослідження теплової роботи камерної печі та вибір заходів щодо підвищення її енергоефективності» (кер. доц. Гупало О.В)                                             | 145 |
| 4  | Іваненко В.В. (МЕ13-23м) «Збільшення температури підігріву доменного дуття шляхом удосконалення системи утилізації теплоти відхідних димових газів повітрянагрівачів» (кер. проф. Грес Л.П.) | 146 |
| 5  | Геращенко Е.В. (МЕ13-23м) «Вплив вологості доменного газу на температуру підігріву доменного дуття» (кер. проф. Грес Л.П.)                                                                   | 146 |
| 6  | Масала П.І. (МЕ13-23м) «Аналіз методів та засобів охолодження синтез-газу, отриманого при претворенні на водень твердої вуглеці-водневмісної                                                 | 147 |

|            |                                                                                                                                                                          |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|            | сировини шахт» (кер. доц. Радченко Ю.М.)                                                                                                                                 |            |
| 7          | Помазанов А.О. (МЕ13-23м) «Аналіз використання різних систем опалення печі з крокуючими балками» (кер. доц. Романько Я.В.)                                               | 147        |
| 8          | Романько В.В. (МЕ13-23м) «Математичне моделювання процесу розігріву сталерозливного ковшу» (кер. доц. Радченко Ю.М.)                                                     | 148        |
| 9          | Перетятко Є.В. (МЕ13-23м) «Використання адитивних технологій для отримання складних структур та біметалевих сплавів» (кер. доц. Каракаш Є.О.)                            | 149        |
| 10         | Любчіч А.В. (МЕ13-23м) Основи утворення шкідливих викидів в агломераційному виробництві» (кер. доц. Каракаш Є.О.)                                                        | 149        |
| 11         | Ільєнко К.С. (МЕ13-23м) «Дослідження ефективності роботи регенеративної системи опалення та параметрів її роботи» (кер. проф. Єрємін О.О.)                               | 150        |
| <b>VII</b> | <b>Секція «Захист довкілля»</b>                                                                                                                                          | <b>150</b> |
| <b>I</b>   | <b>Підсекція «Промислова екологія»</b>                                                                                                                                   | <b>150</b> |
| 1          | Соболевська С.К. (Т301-20) «Аналіз існуючих тенденцій та можливих наслідків зміни клімату» (кер. доц. Саввін О.В.)                                                       | 150        |
| 2          | Іткіна М.В. (Т301-22т) «Дія ГМО на людину та екологію» (кер. доц. Саввін О.В.)                                                                                           | 151        |
| 3          | П'яних О.О. (Т301-21) «Інноваційні методи вимірювання параметрів довкілля» (кер. доц. Саввін О.В.)                                                                       | 151        |
| 4          | Родіонова А.О. (Е01-22) «Кліматичні орбіти: впливи та таємниці планет Сонячної системи» (кер. доц. Саввін О.В.)                                                          | 152        |
| 5          | Родіонова А.О. (Е001-22) «Аналіз впливу харчових добавок на здоров'я людини» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                                                                | 153        |
| 6          | Степанов Ю.В. (Т301-20) «Обґрунтування застосування озону та активованого вугілля для поліпшення якості питної води» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                        | 154        |
| 7          | Беліченко В.В. (Т3-01-20) «Пропозиції щодо складання раціональної схеми водопостачання цехів холодної прокатки» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                             | 155        |
| 8          | Довбань А.В. (Е0901-19) «Екологічні чинники житлового приміщення» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                                                                           | 156        |
| 9          | Лозова А.О. (Е0901-19) «Ціановмісні стоки гальванічних цехів машинобудівного виробництва та пропозиції щодо їх видалення» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                   | 157        |
| 10         | Давоян Л.В. (Е0901-19) «Стічні води підприємств м'ясопереробної промисловості та пропозиції щодо організації ефективної схеми їх очистки» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)   | 158        |
| 11         | Обиденнікова А.О. (Т301-20) «Щодо реконструкції системи очищення аспіраційного газу, що відходить від ТПЦ ВАТ «НТЗ» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                         | 158        |
| 12         | Мостовий Ю.П. (Т3-01-20) «Стічні води підприємств м'ясопереробної промисловості та пропозиції щодо організації ефективної схеми їх очистки» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.) | 159        |
| 13         | Харченко Н.С. (Е0901-19) «Організація екологічної безпеки збройних сил України в умовах післявоєнного часу» (кер. ст.викл. Мешкова А.Г.)                                 | 160        |
| 14         | Перцев Л.О. (Е0-01-20) «Пропозиції щодо переробки цинковмісних відходів ВАТ «КОМІНМЕТ» (кер. доц. Прокопенко О.М.)                                                       | 161        |
| 15         | Гламазда О.О. (Т301-20) «Аналіз технології утилізації сироватки та очистки стічних вод виробництва кисломолочного сиру» (кер. доц.                                       | 162        |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | Прокопенко О.М.)                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
| 16 | Владимирова С.С. (ЕО-01-20) «Обґрунтування ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації» (кер. проф. Єрмолін О.О.)                                                                                                              | 163 |
| 17 | Зайченко Я.Є. (ТЗ-01-20) «Організація полігону побутових відходів з заходами щодо захисту довкілля від його негативного впливу» (кер. проф. Єрмолін О.О.)                                                                                                         | 164 |
| 18 | Сохань А.Г. (ЕО901-19) «Організація системи комплексного моніторингу басейну р.Вуж» (кер. проф. Єрмолін О.О.)                                                                                                                                                     | 165 |
| 19 | Соловійова А.П. (ЕО901-19) «Засоби очистки питної води в побутових умовах» (кер. проф. Єрмолін О.О.)                                                                                                                                                              | 166 |
| 20 | Воронін М.О. (ЕО901-19) «Аналіз оборотних систем водопостачання ливарних цехів та пропозиції щодо їх удосконалення» (кер. доц. Суліменко С.Є.)                                                                                                                    | 167 |
| 21 | Шаповал П.С. (ЕО901-19) «Розробка оборотного циклу водопостачання станції мийки автомобілів» (кер. доц. Суліменко С.Є.)                                                                                                                                           | 168 |
| 22 | Скотарь І.О. (ЕО01-20) «Дослідження забруднення довкілля побутовими відходами» (кер. ст.ивкл. Сухарева М.В.)                                                                                                                                                      | 169 |
| 23 | Устименко К.С. (ЕО01-20) «Дослідження забруднення ґрунтів України антропогенними викидами» (кер. ст.ивкл. Сухарева М.В.)                                                                                                                                          | 169 |
| II | <b>Підсекція «Інженерна екологія»</b>                                                                                                                                                                                                                             | 170 |
| 1  | Druzhynin K. K.(ПДАБА) «Some environmental aspects of road construction» (кер. prof. Demianenko V.V.)                                                                                                                                                             | 170 |
| 2  | Мартим'янов М.М., Бахова А.О. (ПДАБА) «Використання водозаборів підземних вод поблизу джерелець» (кер. доц. Шарков В.В.)                                                                                                                                          | 171 |
| 3  | Положечко О.Ю.( ПБ2321) «Екологічне будівництво як інноваційний підхід формування сталого розвитку» (кер. доц. Громова О.В.)                                                                                                                                      | 172 |
| 4  | Плужнік І. В. (ЕО2011) "Аналіз ефективності роботи циклонів аспіраційної системи малого підприємства інфраструктури переробки зерна" (кер. доц. Сорока М. Л.)                                                                                                     | 173 |
| 5  | Шульга Б. О. (ЕО2011) "Дослідження змін мінералізації у водах Південного водосховища після катастрофи на Каховській ГЕС" (кер. доц. Сорока М. Л.)                                                                                                                 | 174 |
| 6  | Teterkin M. E, Fomenko V.V.( ПДАБА) «Impact of natural and anthropogenic factors on sediment movement in rivers» (scientific supervisor: Nahorna O. K., Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof., language consultant: Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof. Sokolova K.V.)       | 175 |
| 7  | Krotsyuk A.Yu, Krutiy Yu.I. .( ПДАБА) «Protection and hazards at hydrotechnical objects: clarification and analysis» ( scientific supervisor Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof., Nesterova O.V., language consultant Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof. Shashkina N.I. ) | 176 |
| 8  | Telichko V.I, Shtefyuk O.O.(ПДАБА) «Materials for water supply systems: selection and efficiency» (Scientific supervisor: Nesterov Ya. S, Assistant; Language consultant: Lukyanchuk A.O., English lecturer.)                                                     | 177 |
| 9  | Nesterov Y.S., Korobka V. M, Lvov O. M. .( ПДАБА) «Technical innovations in small river hydropower» (Scientific supervisor: Nechytailo M.P., Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof., Language consultant: Druzhinina L.V., Assoc.Prof.)                                    | 178 |
| 10 | Maksimov S. O., Merzlozubov E.O., Selenin M. E.(ПДАБА) «Developments and challenges in the field of small river hydroenergetics: paths to sustainable                                                                                                             | 179 |

- and effective development» ( scientific supervisor: Stratii G. O., assistant;  
language consultant: Shashkina N.I., Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof.)
- 11 Golub O. P, Gritsenko A. A., Dikhtiar V.V.(ПДАБА) «Technological challenges in the construction of low-strength hydrotechnical structures» (scientific supervisor: Mushket V. L., assistant, language consultant: Atroshenko I.I., English lecturer) **180**
  - 12 Osadtscha O.R. (ПБ2011 (641) „Umweltfreundliches Bauen” (Betr. Hochschulehrerin M.L.Smyrnova) **181**
  - 13 Woron I.I. (БГ2311 (311) „Moderne Technologien im Bauwesen” (Betr. Hochschulehrerin M.L.Smyrnova) **181**
  - 14 Bobyl M.V. (AT 22120) “The imperative need for environmental safety” (language advisor Afanasieva L.V.) **182**
  - 15 Klochenko H. (ДА 2211)“ Modern technologies in construction” (language advisor Afanasieva L.V.) **183**
  - 16 Samtsov O.D. (ДА 2311) “Modern technologies in construction” (language supervisor Afanasieva L.V.) **185**
  - 17 Horianyi O. S. (ДА 2311) “Modern technologies in highway construction” (language supervisor Afanasieva L.V.) **185**

## **МЕТАЛУРГІЯ (ПРОМЕТАЛУРГІЯ)**

### *ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ ЧАВУНУ»*

#### **ПОЛІПШЕННЯ СТРУКТУРИ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ШАРУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ**

**Котовщиков А.О., Круглов А.М., керівник доц. Ягольник М.В.  
Український державний університет науки і технологій**

Агломераційна шихта відноситься до сипучих матеріалів, що складаються з окремих частинок, які контактують один з одним, між якими знаходяться канали або пори. Прийнято вважати, що газ у шарі сипучого матеріалу або обтікає окремі частинки, або рухається по звивистих, змінного перерізу, каналах. Значний вплив на газодинаміку шару, що агломерується, має сегрегація.

Результати переважної більшості досліджень показують, що сегрегація класів крупності шихти позитивно впливає на структуру та газопроникність шару. При створенні спрямованої сегрегації гранулометричного складу шихти за висотою шару забезпечується підвищення міцності агломерату та збільшення продуктивності агломашин, при одночасному скороченні витрати твердого палива.

Газодинамічний опір шару значно впливає на продуктивність агломераційного процесу і залежить від гранулометричного складу сирової шихти, що укладається на палети, її сегрегації по висоті шару, від типу застосовуваного завантажувального пристрою. Забезпечення раціонального гранулометричного складу огрудкованої шихти, її розподілу по крупності та вмісту палива за висотою шару, завантаженого на колосникову решітку агломераційної машини, є актуальною тематикою.

Для досягнення раціональної структури агломерованого шару в роботі розглянуто вплив складу та властивостей сировини на змішування і огрудкування шихти та питання раціонального зволоження матеріалів під час огрудкування для досягнення необхідного гранулометричного складу гранульованої шихти.

#### **ЕФЕКТИВНІСТЬ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПІДВИЩЕНОЇ КІЛЬКОСТІ ТЕХНОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Жиглінський В.І., Ремесло О.О., керівник доц. Ягольник М.В.  
Український державний університет науки і технологій**

Металургійні процеси проходять зі значною витратою різних матеріально-сировинних ресурсів, які складають до 7 т/т від видобутку руди до отримання готового прокату. Питома витрата тільки основних видів матеріальних ресурсів у чорній металургії становить, т/т продукту: у агловиробництві 1,27- 1,32, виробництві чавуну 1,70-2,00, при виробництві сталі 1,08-1,15, прокату - 1,12-1,50. При такому рівні виробництва утворюються тисячі різних видів виробничих відходів. Так, питомих вихід шламів і пилу в агломераційному, доменному, сталеплавильному і прокатному цехах відповідно становлять 0,07-0,16; 0,06-0,22, 0,01- 0,03 і 0,03-0,07 т/т продукту.

Як показує практика експлуатації хвосто- і шламосховищ, вони є дуже важливими джерелами забруднення водних басейнів і, в ряді випадків, атмосфери, а утворення та накопичення шлаку при виробництві чавуну і сталі призводить до нагромадження відчужених сільськогосподарських угідь і, відповідно, підвищення виплат на оподаткування. Як сховища техногенної сировини вони також недосконалі.

Можна стверджувати, що на сучасному етапі розвитку відвали і сховища повинні перетворитися з об'єктів для поховання в ємності, місцем складування не

використаної мінеральної маси, що пройшла певний цикл обробки і містить компоненти, можливість і необхідність отримання яких з'явиться в майбутньому.

В роботі визначені склад та властивості техногенних металовмісних матеріалів щодо можливості їх використання при виробництві агломерату. Розглянуто питання кількісної оцінки співвідношення складових, а також морфологічний аналіз техногенних металовмісних матеріалів.

## **ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ШАХТИ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**

**Маленко К.І., керівник проф. Бочка В.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Аналіз стійкості шахти класичної конструкції показав, що термін її роботи коливається в межах 5 – 7 років. Низький термін стійкості визначається швидким руйнуванням вогнетривкої цегли, порушенням роботи системи охолодження та ін.

Дослідження показали доцільність виготовлення та встановлення модулів з водоохолоджувальними трубами і вогнетривким бетоном по всій висоті охолодження шахти, замість традиційної багатошарової конструкції стінки шахти (вогнетривка цегла, холодильники, компенсаційні порожнини, кожух, та ін.).

Досвід експлуатації доменної печі з новою конструкцією шахти свідчить про її високу ефективність. Завдяки новій конструкції шахти термін її експлуатації продовжено до 12 років, при цьому металоємність шахти знижена в 7 – 12 разів, також витрата цегли була зменшена на 70 – 80 %. Це забезпечило до збільшення міжремонтних періодів роботи шахти на 20 – 70 %, що призводить до підвищення продуктивності доменної печі та зниження питомої витрати коксу на 1 – 3 %.

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ В ДОМЕННІЙ ПЕЧІ ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА**

**Диленок І.І., Олексієнко М.М., керівник проф. Бочка В.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Одним із напрямків суттєвого підвищення ефективності роботи доменних печей в сучасних умовах є вдування в горн печі пиловугільного палива (ПВП). Показано, що найбільш ефективною витратою ПВП є подача в піч вугілля в кількості 150 кг на 1 т чавуну. При коефіцієнті заміни кокса вугіллям 0,8 – 0,9 кг/кг зменшення витрати коксу складе 130 – 140 кг на 1 т чавуну.

Були проведені дослідження з метою оцінити фактори, які обмежують вдування вугілля, а також визначити методи або процедури, використання яких дозволить забезпечити продуктивну і ефективну роботу доменної печі у визначених умовах. При збільшенні витрати пиловугільного палива в шахті доменної печі зменшується частка коксу в шихті, що призводить до суттєвого погіршення газопроникності матеріалів в шахті. Виправити це можна зміною розподілу шихти на колошнику доменної печі. Збільшенню витрати ПВП заважає високий вміст дріб'язку в залізорудній частині шихти.

Вдування в піч ПВП призводить до суттєвого зниження теоретичної температури горіння, що вимагає підвищення температури дуття та вмісту кисню в дутті, а також до зменшення виходу горнового газу, та ін. Компенсація указанного впливу ПВП на роботу доменної печі здійснюється правильним вибором параметрів технологічного режиму доменної плавки.

## **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ ВМІСТУ СІРКИ В ПЕРЕДІЛЬНОМУ ЧАВУНІ**

**Літус Д.О., керівник проф. Бочка В.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сьогодні у світі зберігається стійка тенденція по виплавці якісного по вмісту сірки й фосфору чавуну, який використовується надалі для виробництва різних марок сталей. Знесірнення чавуну займаються головним чином у доменному виробництві, тому що саме тут відбувається надходження великої кількості сірки з коксом, шихтовими матеріалами і т.д., і саме в доменній плавці є всі умови для зниження її вмісту, і це більш - менш економічно виправдане, ніж знесірнювання в інших виробничих підрозділах металургійного комплексу.

Шляхів для зниження вмісту сірки небагато: робота на доменних шлаках підвищеної основності й більшої маси з відповідним збільшенням витрати додаткових матеріалів, робота на більш чистому по сірці коксі, оптимізація технологічного й шлакового режимів плавки, забезпечення більш рівного ходу печі, вибір раціонального режиму відпрацьовування продуктів плавки.

Встановлено, що збільшення основності шлаку дає змогу більш повно видаляти сірку з чавуну, але даний ефект можливий тільки до граничних значень основності 1,45 – 1,47, підвищення вмісту магnezії до 5 – 6 % дає ріст сіркопоглинальній дії шлаку без значного підвищення витрати коксу на розігрів цього шлаку.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНОСТІ ШИХТИ НА ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ОКАТИШІВ**

**Вовк Вад.А., керівник доц. Ягольник М.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Якість окатишів висловлюють великим переліком показників, що відображають їх властивості та функціональні ознаки. Зазвичай їх групують на наступні чотири ознаки: 1) хіміко-мінеральний склад; 2) механічні властивості; 3) фізико-хімічні властивості і 4) стабільність якісних параметрів. За хіміко-мінеральному складу окатиші ділять на неофлюсовані, офлюсовані і доломітизовані.

Параметрами якості, що виражають механічні властивості окатишів є: крупність, міцність на роздавлювання і стиранні, лімітується вміст класу <5мм і пористість. Виявлено, що зі збільшенням основності збільшується кількість рідкої фази, що обумовлює зниження температури обпалу.

При виробництві офлюсованих окатишів з основністю 0,7-1,3 навіть при зниженні температури обпалу до 1200-1250°C можливе утворення спеків окатишів. Для запобігання утворення спеків можливо додавати в шихту MgO. Найефективніше буде використовувати суміш звичайного та доломітизованого вапняків яку подрібнювати разом зі зворотом обпалених окатишів.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗДІЛЬНОГО ОГРУДКУВАННЯ В УМОВАХ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ФАБРИКИ**

**Вовк Влад. А., Трещов В.Е. керівник доц. Бойко М.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Швидкість спікання агломераційної шихти в значній мірі залежить від кількості всмоктуваного в шар повітря. При нормальних і підвищених витратах твердого палива вертикальна швидкість спікання визначається швидкістю горіння вуглецю, величина

якої у свою чергу лімітується кількістю кисню повітря, що підводиться до палаючих частинок коксової дрібниці в одиницю часу. У разі спікання магнетитових шихт з низькою витратою вуглецю, навпаки, швидкість горіння вуглецю не лімітує загальної швидкості процесу.

Газопроникність огрудкованої агломераційної шихти визначається трьома факторами: гранулометричним складом вихідної шихти, вмістом волога и режимом огрудкування. Чим більше в шихті вміст грудкуючої частини (фракції  $> 2$  мм, яка виконує роль зародкових центрів) і вміст тонких частинок ( $< 0,05$  мм), тим краще потенційною здатністю грудкуватися володіє шихта, тим більшою газопроникністю буде вододіти шар шихти.

Приведено аналіз загальних умов роботи агломераційного цеху і його основного обладнання. Виконано аналіз закономірностей процесу огрудкування, та режимів роботи барабанів огрудкувачів. Проаналізовано показники роботи діючих барабанів огрудкувачів. Розглянута технологія попереднього огрудкування концентрату та вапняку у додатковому барабані-огрудкувачі. Оцінена ефективність застосування попереднього огрудкування та його вплив на газопроникність шихти. Роздільне огрудкування дозволяє збільшити газопроникність шихти, зменшити її запиленість і зрештою поліпшити міцність готового агломерату.

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОШАРОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОКАТИШІВ ПРИ ОБПАЛІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТВЕРДОГО ПАЛИВА**

**Подушко К.А., Місюра О.О. керівник доц. Бойко М.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

В даний час промисловістю широко використовуються два методи окускування: агломерація руд і концентратів і виробництво окатишів з концентратів.

В якості палива для спікання при агломерації використовується більш дешеве тверде паливо, а при виробництві окатишів – в основному більш дорогий природний газ.

Багато досліджень направлено на пошуку можливості часткової заміни природного газу різними видами палива, в тому числі твердим паливом при обпалі окатишів за рахунок додавання його у шар.

Додавання твердого палива в шихту може значно скоротити перепад температур по висоті шару, що в свою чергу дозволить підвищити час перебування окатишів нижньої частині шару при температурах, достатніх для процесів зміцнення і як наслідок поліпшить показники міцності цих окатишів. Для більш рівномірного обробки шару окатишів при випалюванні на конвеєрній машині з додаванні в шихту значної кількості вуглецю можливо використовувати пошарове завантаження окатишів на конвеєрну машину. При застосуванні пошарового завантаження досягається покращання теплової обробки верхньої та нижньої частини шару. Верх шару нагрівається швидше до потрібних температур спікання за рахунок більш високого вмісту твердого палива, а низ шару нагрівається до менших температур, що вирівнює якість окатишів та знижує вірогідність переобпалу окатишів нижньої частини шару.

# EFFECT OF PARAMETERS ON THE REDUCTION RATE DURING H<sub>2</sub>-BASED REDUCTION OF IRON ORE PELLETS

**Dipl.-Ing. Oleksandr Kovtun**

**Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany**

Hydrogen-based direct reduction process offers a promising avenue for significantly mitigating emissions. With the current focus on hydrogen reduction, it becomes imperative to some parameters such as temperature, chemical composition, and porosity [1]. This study specifically investigates the effect of chemical composition and porosity at temperatures between 700°C and 800°C on the reduction of iron ore pellets using hydrogen. The reduction degree is one important indicator of reducibility of iron ore, which can be measured by hydrogen-based reduction using the retort at Institute for Iron and Steel Technology (Fig. 1) [2]. Porosity was evaluated using a mercury intrusion porosimeter, while the microstructure of the reduced pellets was analyzed via scanning electron microscopy. Remarkably, an increase in the temperatures resulted in increased pore size and overall porosity. Even lower gangue content may decrease the reduction rate. Investigating these characteristics can present their importance in reaching the optimal conditions of the direct reduction process and advancing technologies conducive to eco-friendly steel production.

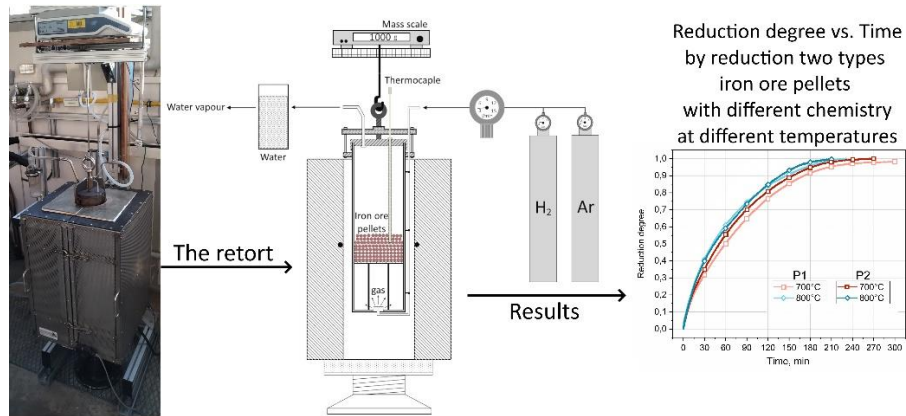


Fig. 1 Equipment for measurements of reduction degree at IIST and results

The reduction degree (RD) is calculated using Eq. 1 according to ISO 4695:2015(E) [3]:

$$RD = \frac{0,111 \times w_1}{0,430 \times w_2} + \frac{\Delta m_t}{m_0 \times 0,430 \times w_2} \times 100 \quad (1)$$

The conclusion can be drawn that increasing the temperature from 700°C to 800°C resulted in a faster reduction rate and higher reduction degree. Additionally, unreduced iron oxide was observed at 700°C. The reduced samples exhibited an apparent porosity measured by mercury intrusion porosimetry ranging from approximately 48% to 55%. This increase was approximately 2.3 times for P1 and 2 times for P2 compared with an initial porosity. Gangue content affects both the reduction rate, initial porosity, and pore formations. Despite the higher ratio of increased porosity between reduced sample P1 compared to the initial (2.3 times) and reduced sample P2 compared to the initial (2 times), the reduction rate is lower by the reduction of sample P1. So, gangue influences the initial porosity, which further impacts the reducibility. The effect of gangue and porosity at higher temperatures can be and has to be investigated in detail by further additional studies.

### References:

1. D. Spreitzer, J. Schenk, steel research international 2019, 90, 1900108.
2. O. Kovtun, M. Levchenko, M.O. Ilatovskaia, C.G. Aneziris, O. Volkova, steel research int. 2024, 2300707.
3. ISO 4695:2015. <https://www.iso.org/standard/62141.html>.

### *ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ»*

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШЛАКОУТВОРЮЮЧИХ НА ПОЗАПІЧНУ ДЕСУЛЬФУРАЦІЮ СТАЛІ ПІД ЧАС ОБРОБКИ НА УКП**

**Еміш К.А., Танчев О.А., керівник доц. Журавльова С.В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Одним із головних завдань металургійної промисловості є постійне дослідження можливостей підвищення якості сталі, яку виготовляють, із мінімальними витратами. Якісні показники металу залежать від ступеня забрудненості сталі неметалевими включеннями (НВ) і вмісту шкідливих домішок, зокрема сірки. У сучасних умовах розвитку металургійного комплексу України важливу роль набуває створення технологій, що забезпечують високу додану вартість та якість кінцевої продукції. Крім того, конкурентоспроможність вітчизняних підприємств значною мірою визначається можливістю виробництва металу, що користується підвищеним попитом на внутрішньому та світовому ринках. Технологічні схеми виробництва, які використовують на сучасних сталеплавильних агрегатах масового виробництва, не дозволяють домогтися безпосередньо на випуску сталі низького ( $S < 0,01 \%$ ) і наднизького ( $S < 0,005 \%$ ) вмісту сірки в металі.

Незважаючи на застосування різних технологій позапічної десульфурації, питання зниження вмісту сірки в металі є досить актуальним та потребує більш детального розгляду. Пошук оптимальної (раціональної) технології десульфурації металу з метою виплавки високоякісних марок сталей стає доцільним напрямом досліджень в металургійній галузі.

Було проаналізовано вплив шлакоутворюючих матеріалів, які використовуються під час обробки на установці ківш-піч на якість металу. Аналіз роботи установки ківш-піч показав, що найбільш вагомий вплив на ступінь десульфурації металу, а отже і на якість сталі в цілому, має витрата вапна та плавицевого шпату.

У роботі проведено дослідження основних показників роботи установки ківш-піч і знайдені раціональні витрати шлакоутворюючих матеріалів, які забезпечують сталу роботу установки позапічної обробки сталі та хороші показники видалення сірки.

Результати роботи можуть бути використані на металургійному підприємстві при позапічній обробці сталі на установці ківш-піч.

#### **ЗАСТОСУВАННЯ БІОМАТЕРІАЛІВ У СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Жук Є.Є., Марко А.Ф., керівник доц. Журавльова С.В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Сучасний стан забезпечення якісними шихтовими матеріалами конвертерного процесу виплавки сталі свідчить про необхідність еволюційної зміни металургійних технологій. У конвертерному способі виробництва сталі за рахунок використання різних, у тому числі альтернативних джерел енергії, існує можливість широко варіювати складом металошихти, зі зміненням в ньому співвідношення чавуну,

металобрухту, окотишів, інших залізовмісних матеріалів та заміною вуглецьмістячих компонентів альтернативними біоматеріалами.

Розробка та використання біоматеріалів є перспективною задачею. Завдяки їхнім екологічним, екологічно чистим та ресурсозберігаючим характеристикам ринковий попит на біоматеріали зростає з кожним роком.

З середини XX сторіччя у світовій металургії існує підвищений інтерес до варіантів конвертерної плавки з використанням для переплавлення підвищеної кількості металобрухту кускового та порошкоподібного вугілля. Однак, як відомо застосування вугільного пального приводить до підвищення вмісту в сталі таких шкідливих домішок як сірка, яка негативно впливає на весь комплекс виробництва сталі та кінцевий продукт. Тож в роботі розглядається використання альтернативної сировини - лущиння соняшнику, стебла соняшнику, кукурудзи та соломи у якості науглецьовувачів сталі. Усі ці біоматеріали погребують специфічної технології підготовки перед використанням для науглецьовування сталі. Збільшення частки перспективних високомісних сталей в загальному обсязі виробництва сталі, які в цілому мають вищий вміст вуглецю ніж звичайні, низьковуглецеві сталі, збільшить використання науглецьовувачів та підвищить вимоги щодо їх якості.

Використання біомаси в металургійних процесах може бути направлене на вирішення низки актуальних питань: утилізація відходів переробки біомаси; скорочення витрат кам'яного вугілля і природного газу в металургійних процесах; скорочення викидів шкідливих газів; отримання вуглецевих матеріалів з кращими характеристиками за існуючі аналоги. Окрім того, використання біоматеріалів дозволить додатково зменшити викиди діоксиду вуглецю у навколишнє середовище.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОДУВКИ СТАЛІ У ПРОМКОВШІ МБЛЗ ІНЕРТНИМ ГАЗОМ**

**Кравцов В.В., Острянін Р.Є. керівник доц. Синегін Є.В.  
Український державний університет науки і технологій**

На сьогоднішній день актуальною проблемою вітчизняних і закордонних металургів є рафінування сталі від неметалевих включень (НВ). Враховуючи той факт, що НВ утворюються в сталі впродовж усього процесу її виробництва починаючи від виплавки у пічному агрегаті і закінчуючи кристалізацією безперервнолитої заготовки, при виробництві якісних марок сталі доцільним є видалення НВ саме на фінішних етапах її виробництва, тобто у промковші МБЛЗ.

Видалення НВ у промковші відбувається переважно шляхом їх спливання та асиміляції шаром покривного шлаку. Однак цей процес є доволі повільним. Інтенсифікація цього процесу можлива шляхом примусового спрямування потоків рідкої сталі у напрямку шлаку, наприклад при продувці аргоном через пористі вставки. З метою ефективного видалення НВ необхідно визначити раціональне розташування продувочних блоків і режими продувки.

Дослідження запропонованого вище процесу доцільно здійснювати методом фізичного моделювання на прозорій ізотермічній моделі. Для отримання адекватних результатів, які в подальшому можна буде перенести на оригінальний проміжний ківш перед проведенням моделювання були визначені критерії подоби. Встановлено, що процес продувки сталі в промковше МБЛЗ можна описати критеріями Архімеда, безрозмірної об'ємної витрати та лінійним симплексом, який є співвідношенням діаметра НВ до рівня рідини у промковші.

Наступним етапом було проведення фізичного моделювання на прозорій моделі промковша виготовленій у масштабі 1:3. В ході експерименту змінювали розташування

продувочних пристроїв, інтенсивність продувки та рівень рідини в моделі промковша. Кожен дослід фіксувався на відеокамеру і в подальшому аналізувався на комп'ютері.

За результатами експерименту визначені раціональні розташування продувочних блоків і режими продувки. Встановлено, що використання запропонованих заходів дозволить зменшити кількість НВ в сталі щонайменше на 12 %.

### **ФОРМИ ПОШКОДЖЕННЯ ВОДНЕМ БЕЗПЕРЕРВНОЛИТИХ ФЛОКЕНОЧУТЛИВИХ СТАЛЕЙ**

**Сахно І.С., Журавльова І.В. керівник доц. Синегін Є.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Описано види і схеми утворення дефектів відбракованої продукції з безперервнолитих високоміцних сталей. Основні дефекти індуковані розчинившимся в металі воднем, що призводить до локального окрихчення мікрооб'ємів сталі, причому інтеркристалічні розломи, тріщини зі специфічним розташуванням, пори та інші мікроскопічні недосконалості їх структури не виключені на поверхні поодиноких зерен навіть у виробках найпростішої форми.

На основі фундаментальних металургійних положень і розрахунків автори оцінили рівні граничного вмісту водню в рідкому і твердому залізі стосовно виробництва флокеночутливих високоміцних сталей. Промислові експерименти показали, що вміст водню в металі [Н] знижується при його позапічній обробці в ковші-печі і вакуумуванні стабільно до  $\leq 1$  ppm. Однак протягом безперервного розливання в промковші можуть мати місце значно більш високі значення [Н], і слід розробити заходи з тим, щоб у прокатаній стрічці концентрація [Н] знижувалася до рівня  $\leq 1$  ppm.

Завдяки низьким значенням [Н] можна виключити викликані воднем дефекти металопродукції. При подальшій обробці або протягом служби виробу необхідно виключати контакт протонів з його поверхнею, щоб уникнути їх проникнення в сталь, особливо, в стані її напруги, і появи тріщин.

### **АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОКИСЛЕНОСТІ МЕТАЛУ НА ФОРМУВАННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ**

**Язєв О.В., Мусійко В.І. керівник доц. Стоянов О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Найбільш складним завданням при виробництві виробів важкого машинобудування, суднобудування, енергетики є отримання великих зливків з однорідним хімічним складом і рівномірним розподілом властивостей і перерізу. Присутність неметалевих включень впливає умови кристалізації, величину зерна, структуру, отже, змінює розподіл пружної і пластичної деформацій, концентрацію напруг, оброблюваність та інші властивості сталі. Якість готових виробів визначається як змістом, а й характером розподілу неметалевих включень, що залежить від їх форми і розміру.

Переважний вплив на механічні властивості сталевих виробів має сірка. Це пов'язано з тим, що сульфідна фаза, що виділяється з металу, порушує суцільність металевої матриці [1]. Ступінь прояву негативного впливу сірки насамперед залежить від виду та форми неметалевих включень, що утворюються за її участю. Як відомо, ці включення можуть бути представлені як сульфідами, так і оксисульфідами залежно від фізико-хімічних особливостей стану розплаву в момент утворення включень. Особливості формування сульфідів в кристалізується в залежності від ступеня

окисленості металу відображені в класифікації сульфідних включень [2]. Відповідно до цієї класифікації ймовірність виділення сульфідів у вигляді окисульфідів сприятливої глобулярної форми (перший тип) або у вигляді плівок за межами зерен (другий тип) визначається вмістом кисню у сталі. У дослідженні [3] на підставі великого статистичного матеріалу показано, що при концентрації кисню в автомобільних сталях понад 0,02% утворюються круглі сульфідні включення типу I, а при вмісті кисню менше 0,01% сульфідів типу II.

Таким чином, можна припустити, що ступінь окисленості сталі є фактором, що визначає вид і форму сульфідних включень, що утворюються, і, отже, і рівень властивостей готових виробів. Виділення сульфідів вкрай несприятливої форми – як плівок за межами зерен характерно добре розкисленого металу за відсутності у розплаві окремої оксидної фази.

Список посилань

1.Jiang Zhouhua, Zhang Heyan, Zhan Dong-ping and al. Визначення параметрів процесу рафінування сталі з ультранизким вмістом сірки у ковші-печі. J. Northeast Univ. Natur. Sci, 2002. 23. №10. P. 952 – 955.

2.Журавльова С.В., Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Малій Х.В., Синегін Є.В., Мамешин В.С. Т 38 Технології позапічної десульфурації сталі: [Монографія.] — Дніпро: Середняк Т.К., 2024, — 150 с. ISBN 978-617-8139-57-5.

3.Ghosh, Ahindra - Secondary Steelmaking : Principles and Applicationsp. cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-8493-0264-1.

## **РОЗРАХУНОК ВТРАТ ТЕПЛОТИ В РІЗНІ ПЕРІОДИ КАМПАНІЇ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА**

**Волков А.М., Скрипник А.В. керівник доц. Стоянов О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Теплові втрати конвертера включають втрати теплоти через футерівку й кожух конвертера, на нагрівання активного шару футерівки після простоїв, випромінюванням через горловину конвертера, на нагрів охолоджуючої фурму води, а також на нагрівання кисню, що вдувається. Більшість з перерахованих видів теплових втрат конвертера є відносно постійними у ході кампанії конвертера не змінюються. До таких належать втрати випромінюванням через горловину конвертера, на нагрів охолоджуючої фурму води, а також на нагрівання кисню, що вдувається.

Зношення футерівки конвертера послаблює його теплоізоляцію від навколишнього середовища, що призводить до збільшення втрати теплоти через футерівку й кожух конвертера, на нагрівання активного шару футеровки після простоїв. Зокрема втрати теплоти через футерівку й кожух конвертера наприкінці кампанії конвертера можуть збільшитися у понад 3 рази, а на нагрів активного шару футерівки – на 40 % у порівнянні із початком кампанії [1]. Враховуючи наведене вище, а також те, що теплові втрати конвертера в значній мірі залежать від ємності конвертера, розрахунок їх точної величини можливий лише із прив'язкою до конкретного періоду кампанії конвертера Для оцінки зміни теплових втрат в різні періоди кампанії футеровки конвертеру проведено розрахунок зміни основних параметрів футеровки конвертеру в ході кампанії.

Для розрахунків приймали, що середня товщина футеровки конвертеру на початку кампанії 1200 мм, а на кінець кампанії зменшується до 400 мм. Розрахунки показали, що зі зменшенням товщини шару футеровки температура кожуха конвертера значно підвищується зі 150 до 300 °С. Це може призвести до структурних перетворень в сталі кожуха та інтенсифікувати корозійні процеси.

Встановлено, що зі зменшенням товщини шару футеровки частка втрат теплоти крізь футеровку зростає у 2,51 рази. Це потребує перерахунку теплових балансів плавки та в деяких випадках впливає на енерговитрати при позапічній обробці сталі. Отримано дані, які вказують, що зі зменшенням товщини шару футеровки частка втрат теплоти нагрів футеровки конвертера зростає у 1,5 рази. Це пов'язано зі збільшення площі поверхні футеровки при її зносі. Загальні теплові втрати на кінець кампанії футеровки конвертера зростають на 1 % від усіх витрат тепла на процес.

#### Список посилань

1Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі.-Дніпропетровськ: РВА „Дніпро-ВАЛ”, 2004.

### **ЕКСПЛУАТАЦІЯ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА**

**Гриненко В.В., Шашкін Т.А керівник доц. Стоянов О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

З метою підвищення стійкості футеровки при виплавці сталі в кисневих конвертерах [1] доцільно використовувати різні варіанти новітньої ресурсо-і енергозберігаючої технології гарячих ремонтів футеровки агрегатів нанесення захисного шлакового гарнісажу на периклазовуглецеву футеровку конвертів вмістом у ньому MgO (до 8-14% і більше) з поступовим формуванням на поверхні футерування замороженого шару міцного шлакового покриття, яке значно збільшує термін служби футерування агрегатів [2], що є одним з важливих показників роботи конвертерів, що впливає на їх продуктивність. Крім того, нанесення шлакового гарнісажу на футерування конвертера призводить до формування в агрегаті рідкого високоосновного шлаку ще до початку кисневого продування при заливці чавуну, тому що в цей момент під дією гарячого чавуну відбувається часткове оплавлення шлаку, замороженого на стінки і днище конвертеру.

Все це свідчить на користь застосування технологій ошлакування з метою формування на робочій поверхні вогнетривкої футерування конвертера додаткового захисного гарнісажного шару, що оберігає футерування від зносу і розтріскування. Таким чином, у результаті аналізу теплової роботи конвертеру в різні періоди кампанії футеровки встановлено, що в наслідок зносу футеровки порушується теплова робота конвертера, а саме збільшуються втрати тепла крізь футеровку з 0,4 до 1,1 % та на її на нагрів з 0,5 до 0,7%, що потребує додаткових витрат для розігріву сталі перед випуском. Це, в свою чергу, викликає збільшення вмісту FeO в шлаку, погіршення умов десульфурації сталі та зниження виходу придатного. Для захисту футеровки та сповільнення її зносу рекомендується використовувати нанесення захисного шлакового гарнісажу з підвищеним вмістом MgO в ньому.

#### Список посилань

1. Пантейков С.П. Аналіз світового розвитку і сучасного стану технологій ошлакування футеровки кисневих конвертерів//Чорна металургія. Бюлетень НТіЕІ. – 2013. – № 6 (1362). – С. 65–78.

2. Oku Susumu, Mimura Mitsutosi, Akamatsu Setuo. Розвиток методу нанесення шлакового покриття для кисневих конверторів// Тайкадцу, Refractories.– 1983. – Vol. 35. – № 300. – Р. 17–21.

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РАФІНУВАННЯ СТАЛІ В КОНВЕРТЕРІ

Сірий О. О., Мусійко В.І. керівник доц. Стоянов О.М.  
Український державний університет науки і технологій

Якість сталі залежить від параметрів, що характеризують роботу обладнання в процесах виплавки та обробки сталі. Відомо, що для виплавки сталі заданої якості необхідно дотримуватися вимог щодо технологічних і термодинамічних особливостей конвертування металу. Ефективність десульфурації металу в кисневих конвертерах оцінюється ступенем десульфурації, який складає 30-40 %, що не забезпечує необхідний вміст сірки в готовій сталі, при цьому ступінь видалення фосфору складає більш 90% [1]. Для визначення раціональних с точки зору протікання процесів десульфурації та дефосфорації параметрів конвертерної плавки було проаналізовано подвійний вплив обраних параметрів на процеси рафінування сталі.

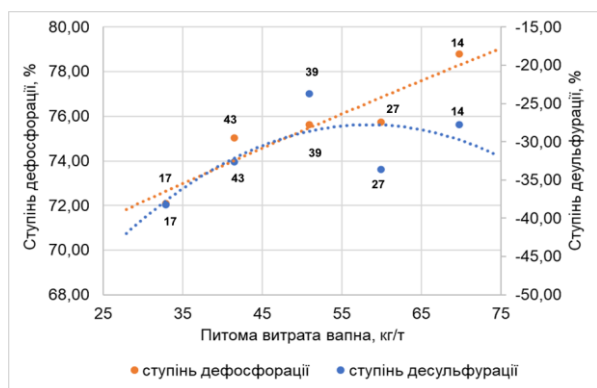


Рис.1 - Вплив питомої витрати вапна на ступінь десульфурації та ступінь дефосфорації

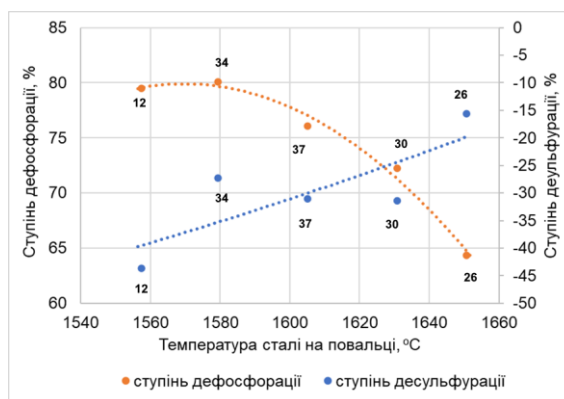


Рис.2 - Вплив температури сталі на ступінь десульфурації та ступінь дефосфорації

Що стосується ступеню десульфурації (див. рис.1), то спостерігається його ріст при витраті вапна 48 кг/т сталі. Подальше збільшення витрати вапна не викликає покращення ступеню фесульфурації, а витрата на рівні 65 і більше кг/т сталі навіть викликає зниження ступеню десульфуруції внаслідок збільшення в'язкості шлаку та погіршення умов контактування металу та шлаку в загальному об'ємі. На рисунку 2 наведено вплив на ступінь десульфурації та дефосфорації температури сталі на повальці. Температурний режим плавки має протилежний вплив на процеси видалення сірки і фосфору з металу. Для покращення умов десульфурації необхідно підвищувати температуру, тому що сумарна реакції переходу сірки з металу в шлак супроводжується поглинанням теплоти. В свою чергу процес дефосфорації відбувається виділяється теплота і тому для пришвидшення процесу переходу фосфору в шлак потрібно знижувати температуру в конвертері. Саме тому інтенсивно процеси дефосфорації відбуваються на початку плавки.

### Список посилань

1Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі.-Дніпропетровськ: РВА „Дніпро-ВАЛ”, 2004.

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СУМІЖНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛІ**

**Мітран М.П., керівник доц. Мамешин В.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сучасні способи позапичної обробки сталі служать ефективним засобом підвищення якості сталі і техніко-економічних показників її виробництва. Однак проведений аналіз впливу витрати шлакоутворюючих та хімічного складу шлаку показав, що показники десульфурзації на агрегаті ківш-піч в умовах конвертерного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» декілька нижчі від загально розповсюджених для агрегатів ківш-піч. У першу чергу, це пов'язано з високим вмістом  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  та  $\text{MnO}$  у рафінуючому шлаці, які погіршують умови десульфурзації металу.

Виходячи з цього було запропоновано заміна існуючого вапняно-силікатного рафінуючого шлаку на вапняно-глиноземистий формування якого відбувається шляхом заміни плавикового шпату на шлак від виробництва  $\text{FeTi}$ . Орієнтовний хімічний склад шлаку, що пропонується, наступний  $\text{CaO}$  35-50 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  30- 40 % і не більш 10 %  $\text{SiO}_2$ . Для зменшення вмісту оксидів,  $\text{FeO}$  та  $\text{MnO}$  у шлаку та запобігання утворення додаткового  $\text{SiO}_2$  запропоновано проводити його розкислення вторинним алюмінієм замість  $\text{FeSi}$ .

Розрахункова витрата шлакоутворюючих на формування вапняно-глиноземистого шлаку, з врахуванням кількості кисневі-конверторного шлаку, що потрапляє у ківш. будуть складати: вапно - 0,6 т, шлак виробництва  $\text{FeTi}$  -1,36 т, вторинний  $\text{Al}$  - 0,117 т.

Оціночна економічна ефективність заміни існуючого вапняно-силікатного рафінуючого шлаку на вапняно-глиноземистий формування якого відбувається шляхом заміни плавикового шпату на шлак від виробництва  $\text{FeTi}$  складає 0,357 грн./т.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОЗИТНИХ DRI ОКАТИШІВ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ШЛАМІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Банний О. Ю., Ковальов Д. Ю., керівник проф. Нізяєв К.Г.**

**Український державний університет науки і технологій**

В даний час утилізація залізовмісних і вуглецевмісних відходів металургійного виробництва є дуже складною і актуальною проблемою для більшості металургійних підприємств. В умовах поступового переходу на нові технологічні схеми виробництва сталі, з метою більш економічної та екологічно чистої роботи підприємств, в яких частково або повністю не буде агломераційного, а в перспективі доменного та коксохімічного виробництв.

Отже, необхідно продумати інші технологічні схеми для утилізації таких відходів, як: шлам залізовмісний металургійного виробництва (агломераційний, доменний і сталеплавильний), колошниковий пил доменних печей, агломераційний пил електрофільтрів.

Одним з можливих напрямків утилізації відходів крім агломераційного виробництва є підготовка з даних матеріалів продуктів прямого відновлення заліза.

Однією з проблем при утилізації шламів буде підвищений в них вміст води.

Руйнування окатишу настає внаслідок швидкого випаровування води і збільшення тиску пари всередині окатишу при температурі 1373 К. Для досягнення виходу придатних металізованих окатишів понад 90 %, вміст води в сирому окатиші при потраплянні в зону відновного обпалу повинен бути не більше 2 %.

Таким чином, перед відновлювальним обпалом шламовмісні окатиші потребують інтенсифікації сушки для досягнення необхідного рівня вологості.

## **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LINING MANUFACTURING TECHNOLOGY USING MAN-MADE WASTE FROM STEELMAKING.**

**Altynova A.E., Head Dr. P.H.D. Arinova S.K.**

**Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov**

Refractory production is highly dependent on high quality raw materials, many of which are difficult to transport, and raw material prices are rising every year. The use of man-made waste, in general, will reduce the load on the raw material base of refractories and will allow the introduction of cost-effective technology for production. The main issue of the study is man-made waste, which will allow replacing parts of the composition and, moreover, will meet quality standards and, in the best case, will surpass in operational and mechanical properties, as well as have lower thermal conductivity, high chemical resistance. Various man-made wastes will be studied in the work. They will be examined for mineralogical, chemical and granulometric composition. Various laboratory equipment will be used in the research. In particular, standards that meet international requirements will be studied to determine the optimal formulation of refractories. Further studies will be conducted to determine the structure and properties of the samples, to study their physical and mechanical properties, thermal conductivity and chemical resistance. The analysis of the research data, the influence of various factors on the quality of samples and, as a result, the quality of the resulting refractory products will be presented [1].

The purpose of this work is to develop the composition and technology for obtaining lining based on waste from the metallurgical industry, which have increased strength, heat resistance and chemical resistance. The use of economically and environmentally efficient lining will lead to optimization of production, that is, reduction of the cost of final products and recycling of waste, which leads to an environmentally and resource-saving approach to production.

To date, 32 billion tons of industrial waste have been accumulated in Kazakhstan, and this amount is increasing every year. And these are mainly technogenic mineral formations (70% of the total volume). In the Karaganda region, the volume of waste is 110,707,750 thousand tons. Of this, 42% are disposed of, the rest are stored in dumps in the production areas [2].

The use of man-made waste in metallurgical production, namely for lining furnaces, will make it possible to reduce the anthropogenic load on the environment on the territory of metallurgical enterprises and reduce the resource and energy intensity of technological processes, while increasing environmental and economic efficiency. Another aspect is that in the Republic of Kazakhstan, more than 500 thousand tons of refractory materials per year are required to ensure foundry and metallurgical production. The main reason for the failure of refractory metallurgical materials is their low temperature resistance and destruction due to their impregnation with melts. Nowadays, waste from steelmaking as slag is increasingly used as an additive to increase the heat resistance of refractories.

### **list of literature**

1. Entin V.I. The state and prospects of production development at refractory enterprises of Russia // New refractories. 2005. No. 7. pp. 73-77.
2. Refractory service: Reference edition / L.M. Axelrod et al. / Edited by I.D. Kashcheev, E.E. Grishenkov. – M.: Internet Engineering, 2002. – 656 p.

## VISCOSITY OF INDUSTRIAL BOF SLAGS AS A FUNCTIONS OF $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ RATIO, $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AND $\text{V}_2\text{O}_3$

Dipl.-Ing. Mykyta Levchenko

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

One of the most important by-products of the Basic Oxygen Furnace (BOF) process is BOF slag. Its proportion in production is currently 60-120 kg/t of steel[1]. The main functions of the slag are to protect the steel surface from heat loss, reduce contact with the oxidizing atmosphere, remove harmful impurities and separate non-metallic inclusions. All the metallurgical processes that take place between the slag and the steel are closely related to the thermophysical properties of the slag. In this study, the viscosity of an industrial BOF slag at different  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  ratios and with the addition of pure  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{V}_2\text{O}_3$  was investigated using a rotating bob viscometer (Fig. 1). The results were supported by thermodynamic calculations using FactSage 8.0.

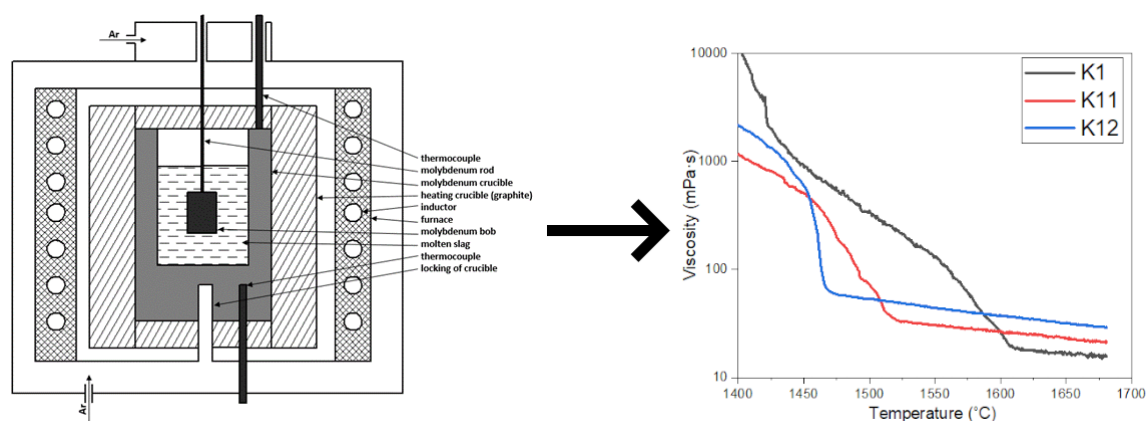


Fig. 1: Schematic construction of an induction furnace for viscosity measurement.

The measured results showed that the addition of CaO to the matrix slag led to an increase in viscosity in the liquid-dominant region. In addition, the breaking point of the slag at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 4$  was observed at a temperature above 1600 °C. The addition of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  to the slag at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3.2$  resulted in an increase in viscosity in the liquid-dominant region and a decrease in the fracture temperature. However, the effect was different for  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 4$ . The addition of  $\text{V}_2\text{O}_3$  to the matrix slag did not significantly change the viscosity values in the liquid dominant region at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3.2$ . However, at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 4$ , vanadium oxide decreased the viscosity of the slag in the liquid dominant region. These results were used to investigate the behavior of alumina and vanadium oxide in a BOF slag.

### References:

4. Y. Topkaya, N. Sevinç, A. Günaydın, Slag treatment at Kardemir integrated iron and steel works, Int. J. Miner. Process. 74 (2004) 31–39.

## CORROSION OF MGO-C REFRACTORY FROM MOLTEN SECONDARY METALLURGICAL LADLE SLAG

Dipl.-Ing. Anton Yehorov

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

Magnesia-carbon refractory (MgO-C) refractories are the main insulating material in basic oxygen furnaces (BOF), electric arc furnaces (EAF), and steel ladders. These materials have

well heat resistance, thermal shock resistance, regulates thermal expansion, improves the corrosion resistance, and reduces the wettability with corrosive liquid phase. Factors such as the percentage of MgO, the amount of carbon, the presence of spinel formers or antioxidants vary with operating conditions such as temperature, atmosphere and melt reactivity. Failure to meet these conditions leads to excessively rapid decomposition of the refractory material. The destruction of refractory material not only leads to industrial accidents, but also to a gradual saturation of the steel with non-metallic inclusions (NMI), which significantly reduces the final quality of the product.

Interaction between melt and carbon-bonded refractory is a very complicated process, see Figure 1. In general, it contains a few steps including 1). This process generally encompasses several stages, including 1) interfacial graphite oxidation, 2) slag infiltration (via micro-cracks, pores, interstices, etc.), and refractory (MgO grain) dissolution, and 3) the formation of novel precipitates (also NMI).

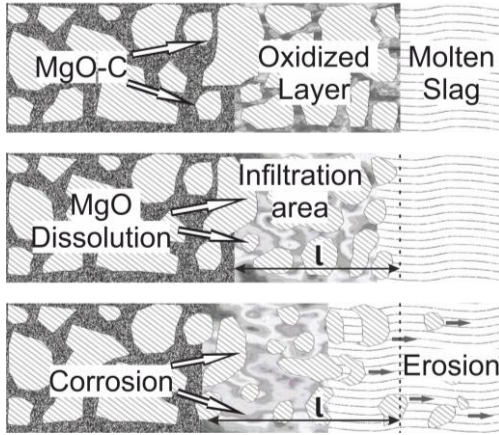


Figure 1. Schematic illustration of corrosion and erosion during the immersion test. 1). Interfacial graphite oxidation, 2). Slag infiltration and MgO dissolution, 3). Formation of new precipitate.

The penetration of slag, as elucidated by Poiseuille's equation (equation 1), correlates with factors such as surface tension, viscosity, contact angle, and interaction time.

$$l^2 = \frac{r \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{2\eta} \cdot t \quad (1)$$

Where:  $r$  (m) is the open pore radius of refractory;  $\sigma$  (N/m) is the surface tension of the slag;  $\theta$  is the contact angle between the slag and refractory;  $\eta$  (Pa·s) is the slag viscosity;  $t$  (s) is the contact time;  $l$  (m) is the infiltration depth.

Reducing the penetration of slag leads to a decrease in the degree of corrosion wear, due to the reduction of the reaction zone between the refractory material and molten slag. Selection of slag with higher viscosity, low surface tension and wetting angle of refractory material will lead us to a significant increase in the service life of refractory material. Another variant is modification of slag with dolomite (MgO) to reduce the ability of slag to dissolve MgO grains from refractory. As well as modification of slag with network formers, for better control of thermodynamic properties of slag. This not only saves money and time per unit of steel produced, but also allows us to better predict the amount of non-metallic inclusions in the final steel products.

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИПЛАВКИ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОГО  
ФЕРОМАРГАНЦЮ ФЛЮСОВИМ СПОСОБОМ.**

**Радостєв Є.А , керівник проф. Гладких В.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

Україна посідає одне з провідних місць у світі за запасами марганцевої сировини, яка має підвищений вміст фосфору та кремнезему. Високівуглецевий феромарганець має обмеження за складом фосфору та кремнію, що обумовлює пошук раціонального складу шихти. Низька концентрація фосфору може бути обмежена при використанні відповідної марганцевої сировини закордонних родовищ, в яких вміст фосфору на порядок нижче. Обмеження вмісту кремнію в феромарганці досягається за рахунок зниження ступеня відновлення кремнію. Це можливо, якщо знизити активність кремнезему шляхом утворення міцних силікатів кальцію. Тому пропонується у складі шихти використовувати суміш вітчизняних та імпортованих руд, а технологію вести флюсовим способом з добавкою вапна.

**ВИПЛАВКА ФЕРОСИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТЧИЗНЯНОЇ  
МАРГАНЦЕВОЇ СИРОВИНИ.**

**Руденко А.О., керівник проф. Гладких В.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

Феросилікомарганець представляє собою сплав заліза, марганцю та кремнію в якому обмежено склад фосфору та сірки. Що стосується сірки, то вона поступає у сплав з вуглецевого відновника - коксика або вугілля і за діючою технологією її концентрації в готовому сплаві майже у всіх випадках не перевищує вимог стандарту. Вміст фосфору поділяє сплав на дві групи, в яких фосфор обмежено, відповідно 0,10% (група А) та 0,6% (група Б). Найбільшим попитом користується сплав зі зниженим вмістом фосфору. В роботі запропоновано варіант виплавки феросилікомарганцю з попередньою дефосфорацією марганцевої сировини. Порівняно декілька методів дефосфорації та запропоновано проводити дефосфорацію сировини електрометалургійним методом.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВИХ РЕЖИМІВ ФОРМУВАННЯ  
БЕЗПЕРЕРВНИХ САМООБПАЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ЕЛЕКТРОПЕЧЕЙ  
ДЛЯ ВИПЛАВКИ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ**

**Богдан А.О. ,Агєєв О.Г., керівник доц. Дерев'янка І.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Виконано аналіз факторів, що впливають на стабільну роботу рудовідновлювальних електропечей. Встановлено, що основними причинами є гарячі простой через несправність обладнання, відсутність електроенергії та шихти. Встановлено, що понад 80% обривів електродів відбувається після гарячих простоїв печі.

Розроблено режими експлуатації самообпалювальних електродів у період зупинок печей типу РПЗ-63 і РКГ-75, що дозволяє значно скоротити кількість обривів, підвищити продуктивність печей, знизити витрату електроенергії та шихтових матеріалів. Встановлено, що співвідношення швидкостей охолодження центру та поверхні електрода в районі нижньої кромки контакту щік має дорівнювати 1,0-1,5. Це

досягається плавним зниженням щільності струму в електродах зі швидкістю 0,3-0,4 А/см<sup>2</sup> на годину шляхом зменшення струмових навантажень на електродах зі швидкістю 10 кА на годину протягом 6-8 годин перед плановою зупинкою. Протягом двох діб перед зупинкою електроди вкорочують на 600-800 мм шляхом скорочення або припинення перепуску, а протягом 3-6 годин перед зупинкою перепускають на ту саму величину.

Визначено величини температурного перепаду між центром та поверхнею електрода в період простою рудовідновлювальної печі та наступного набору потужності. При зупинці печі за розробленою методикою температура в центрі електрода і на його поверхні, на рівні 0,5 м нижче контактних щік плавно знижується зі швидкістю 25-30<sup>0</sup>С на годину, при цьому перепад температур перерізу не перевищує 100<sup>0</sup>С. Робота електродів після розігріву печі та виходу на повну потужність характеризується високою надійністю.

### **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВАННЯ ФЕРРОСИЛІКОМАРГАНЦЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАРГАНЦЕВОГО МАГНЕЗІАЛЬНОГО АГЛОМЕРАТУ** **Гончаров В.В., Дамаскін Ю.П. керівник доц. Дерев'янка І.В.** **Український державний університет науки і технологій**

Феросилікомарганець є комплексним феросплавом, який зазвичай отримують в потужних рудовідновлювальних дугових електропечах. Як вихідні види сировини застосовуватися марганцевий агломерат і кварцит.

Комплекс теоретичних та дослідно-промислових експериментів дозволив виявити певну закономірність позитивного впливу оксиду магнію на підвищення техніко-економічних показників виплавки феросилікомарганцю.

Через відсутність в Україні родовища магнезиту, (або MgO-вміщуючих природних матеріалів), запропоновано для виробництва марганцевого магнезійного агломерату використовувати відвальні магнезійно-силікатні шлаки виплавки феронікелю Побузького феронікелевого комбінату (ПФК) хімічний склад (% мас.): MgO, 53,2 SiO<sub>2</sub>; 4,0 CaO 2,1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Вміст марганцю в агломераті підтримувався на рівні 37-40% з допомогою використання в аглошихті різної кількості нікопольських концентратів. Відмінною особливістю дослідного марганцевого агломерату є більш високий вміст MgO (7,0-8,9%), знижений вміст CaO (3,9-5,1%) при однаковій з базовим агломератом основності  $(\%CaO + \%MgO) / \%SiO_2$  (0,38-0,45). Магнезійний марганцевий агломерат мав наступний хімічний склад (% мас.): 36,9 Mn; 27,1 SiO<sub>2</sub>; 3,8 CaO; 7,9 MgO; 3,3 Fe; 2,8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,19 P; 2,13 K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O.

Управління шлаковим режимом виплавки феросилікомарганцю шляхом підвищення вмісту оксиду магнію за рахунок введення MgO-матеріалів, збільшується корисне вилучення марганцю в сплав як за рахунок підвищення активності закису марганцю, так і зростання температури ліквідус пічного шлаку:  $t_L(^{\circ}C) = 7,84(\%MgO) + 60(\%CaO) / (\%Al_2O_3) - 175(\%MnO) / (\%SiO_2) + 1443,43$ ; коефіцієнт розподілу  $L_{Mn} = 0,568 (\%MgO) - 0,699$  ( $r = 0,93$ ).

Обробкою дослідних даних встановлено, що розроблена технологія дозволяє знизити питомі витрати: марганцевої сировини на 39 кг/т, коксикку на 12 кг, електроенергії на 64 кВт/год. При цьому корисне вилучення марганцю зросло з 84,3% до 86,5%.

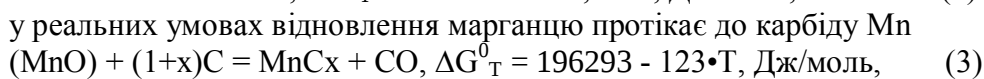
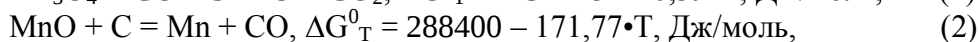
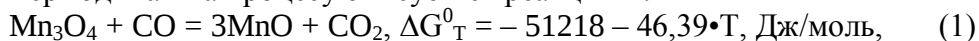
## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЬКАРБІДОКРЕМНІЄВИХ МАТЕРІАЛІВ У СКЛАДІ ШИХТИ ПРИ ВИПЛАВЦІ ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ

Дмухайло А.А. Заболотських Є.В., керівник доц. Дерев'янка І.В.  
Український державний університет науки і технологій

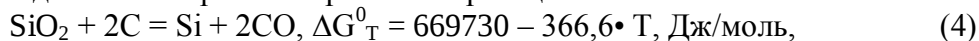
Серед пріоритетних напрямів підвищення ефективності виробництва великотоннажних марганцевих феросплавів перспективними та значущими є зниження питомих витрат вихідних шихтових матеріалів, підвищення коефіцієнта наскрізного корисного вилучення марганцю.

При виробництві феросилкомарганцю в якості вихідної сировини використовується марганцевий агломерат і кварцит. Як відновник додають вуглецевмісні матеріали (кокс-горішок та ін).

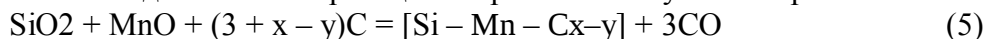
Термодинаміка процесу описується реакціями:



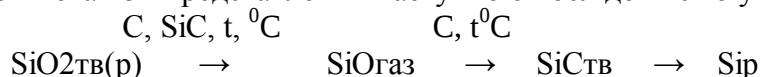
відновлення кремнію протікає за реакцією:



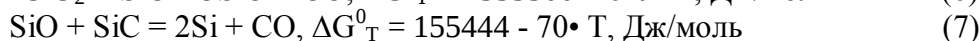
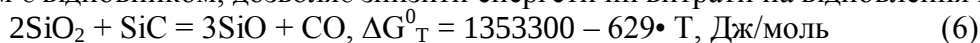
спільне відновлення марганцю та кремнію описується виразом:



Високі температури у печі графітації є термодинамічною передумовою для відновлення  $\text{SiO}_2$  до карбіду кремнію, у шарі теплоізоляційної шихти та коксової пересипки. Ці матеріали мають наступний хімічний склад (% мас.): 50 C, 25 SiC, 25  $\text{SiO}_2$ . За загальноприйнятим механізмом відновлення кремнезему вуглецем включає проміжні стадії утворення газоподібної фази монооксиду кремнію ( $\text{SiO}_{\text{газ}}$ ) і карбіду кремнію, і цей механізм представлений наступною послідовністю утворення фаз.



Наявність у складі шихти для виплавки феросилкомарганцю карбіду кремнію, що сам є відновником, дозволяє знизити енергетичні витрати на відновлення кремнію:



і при цьому розвивати реакції відновлення марганцю



Таким чином проведені термодинамічні розрахунки та лабораторні експерименти дозволяють зробити висновок про позитивний вплив карбіду кремнію на процес виплавки феросилкомарганцю.

## MATHEMATICAL MODELLING OF SPREADING OF DUST AND GAS EMISSIONS DURING SINTERING OF MANGANESE CONCENTRATES AND SMELTING OF MANGANESE FERROALLOYS

Matsyshyn V. , Miroshnichenko I., Morozov M., Supervisor Ph.D, Associated professor  
Zhadanos Oleksandr  
Ukrainian state university of science and technologies

Scientific and technical progress is accompanied by intense anthropogenic impact on the environment, the ecological state of which is one of the leading criteria for the quality of life of the population. Recently, in connection with the intensive development of IT

technologies, automated environmental monitoring information systems have been developed, which, depending on meteorological conditions, terrain parameters, and technological parameters of the production process, allow monitoring and forecasting of surface concentrations of pollutants in order to adjust the technological process to prevent exceeding the MPC. Solving these problems is very important for the metallurgical industry.

According to the Gaussian model, the concentration of pollutants emitted from a point source is described by equation (1).

$$c(x,y,z)=\frac{Q}{2\cdot\pi\cdot u_{H_{pl}}\cdot\sigma_y(x)\sigma_z(x)}\cdot\exp\left(-\frac{y^2}{2\cdot\sigma_y^2(x)}\right)\cdot\left\{\exp\left(-\frac{(z-H_{pl})^2}{2\cdot\sigma_z^2(x)}\right)+\exp\left(-\frac{(z+H_{pl})^2}{2\cdot\sigma_z^2(x)}\right)\right\}$$

(1)

where  $c(x, y, z)$  – the concentration of the substance emitted at the point with coordinates  $x, y, z$ ,  $\text{mg/m}^3$ ;  $Q$  – the power of the continuous source,  $\text{mg/s}$ ;  $u_{H_{pl}}$  – the wind speed at altitude  $H_{pl}$ ,  $\text{m/s}$ ;  $x$  – the distance from the source,  $\text{m}$ ;  $y$  – the lateral distance from the plume axis,  $\text{m}$ ;  $z$  – the height above the ground,  $\text{m}$ ;  $H_{pl}$  – the final plume rise above the ground (effective plume rise height),  $\text{m}$ ,  $\sigma_y(x)$ ,  $\sigma_z(x)$  – standard deviations of the dispersion along the axes  $y, z$ .

Modeling of the spread of dust and gas emissions in the area of influence of PJSC Nikopol Ferroalloy Plant (Fig. 1) was performed, the results of which are in good agreement with the experimental data of stationary observation posts.

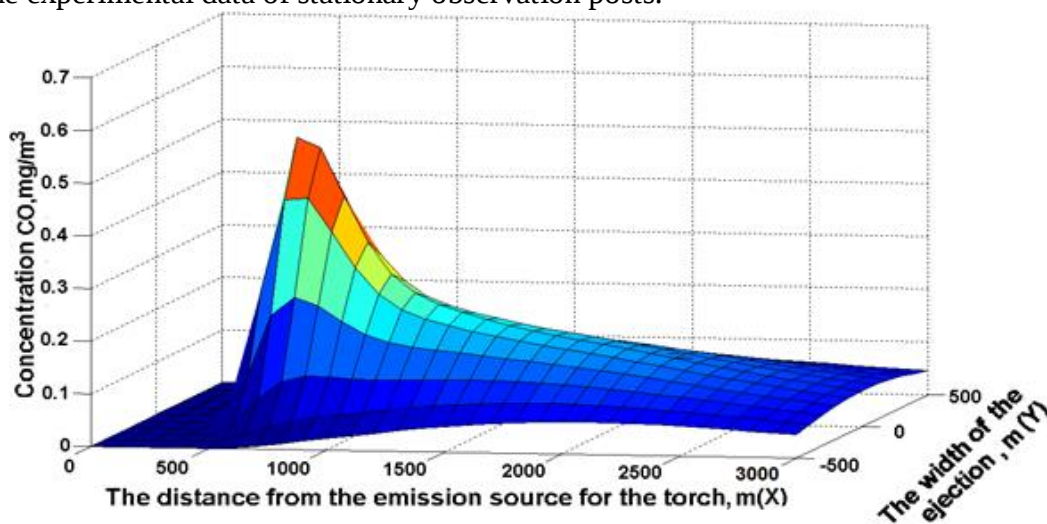


Figure 1 – The change of the surface concentration of carbon monoxide during ejection from the sinter plant pipe for the next initial conditions: ( $Q = 272 \text{ g/s}$ ;  $\omega_0 = 7,86 \text{ m/s}$ ;  $u_{H_{pl}} = 2 \text{ m/s}$ ;  $T_s = 100^\circ\text{C}$ ;  $T_a = 20^\circ\text{C}$ , day, clear weather)

The developed model makes it possible, depending on meteorological conditions, to predict the spread of solid and gaseous components and evaluate the effectiveness of new cleaning systems.

## FORECASTING THE MOLTEN STEEL TEMPERATURE DURING THE VACUUM DEGASSING PROCESS

Shepetyak E., Mayor O., Tkachenko D., Supervisor: Ph.D, Associated professor Zhadanos Oleksandr

Ukrainian state university of science and technologies

One of the most important technological operations during secondary metallurgy is the degassing of flakes-sensitive steel grades performed in a vacuum tank degasser. The vacuum

tank degasser consists of the lower part of the chamber made of fire-resistant lining and the chamber's hood, mounted on a transport cart. A heat-insulating screen is suspended under the cover with an opening for controlling the process of vacuuming and introducing additives. In the working position of the lid, the screen rests on the edge of the bucket.

After the vacuum degassing process before continuous casting, it is necessary to ensure optimal overheating of the melt above the liquidus line for a given grade of steel. One of the parameters controlled during vacuum processing is the temperature of the melt. Because of technical difficulties in controlling the temperature of the melt during the process, it is necessary to estimate the heat loss of the melt using a mathematical model.

The temperature change of the melt during vacuum processing is caused by the following factors:

- purging with inert gas;
- introduction of alloying elements;
- heat transfer through the ladle lining;
- radiation from the melt surface.

Taking into account the factors listed above, a mathematical model of the temperature change of the melt during vacuuming was developed.

The calculated values of the temperature change of the melt during its processing coincide well with the results of industrial experiments.

The obtained mathematical model allows us to ensure optimal overheating of the melt above the liquidus line before pouring with the necessary time of vacuum processing, which will provide a significant saving of electrical energy, and increase the rhythmicity of the work of the out-of-furnace steel processing area.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЩОГО РІВНЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОСТАЛІ**

**Іваничик О.В., керівник доц. Рубан А.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Незважаючи на досить розвинений сектор чорної металургії в Україні, а також стабільно

зростаюче виробництво сталі і прокату, щорічні обсяги імпорту чорних металів в країні продовжують стрімко зростати. Збільшення обсягів імпортних поставок чорних металів обумовлено:

- високим ступенем експортної орієнтації українських металургійних підприємств;
- відносно вузьким асортиментом металопродукції, яка виробляється в Україні;
- існуючою системою збуту металопродукції;
- виробничими зв'язками споживачів прокату.

У перспективі не виключена корекція виробничих і торгових показників української чорної металургії, що тісно залежать як від світової кон'юнктури, яка може змінюватися, так і від розвитку економіки України залежно від економічних і політичних подій, що відбуваються в країні та світі. Крім того, вимоги до чистоти сталі постійно зростають в напрямку зменшення вмісту газів, домішок, і частоти виникнення дефектів пов'язаних з присутністю неметалевих включень (оксидів, сульфідів та ін.), що утворюються під час позапічної обробки і розливки.

В роботі показано, що підвищення якості металу досягаються при використанні комбінованих або комплексних способів його виробництва, коли в одному або декількох послідовно розташованих агрегатах здійснюється ряд операцій. Вибір необхідного обладнання визначається тією чи іншою технологією обробки металу.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАГИ В ОКСИДНІЙ СИСТЕМІ $\text{MnO-SiO}_2$**

**Попов В.А. керівник доц. Рубан А.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Під час виплавки марганцевих феросплавів важливе значення має формування раціонального складу шлакового розплаву. Шлаки марганцевих феросплавів на 70–90 % представлені оксидами марганцю та кремнію. Відомості про фазові рівноваги в системі  $\text{MnO-SiO}_2$  є вагомим показником для розробки нових і вдосконаленні діючих процесів збагачення та огрудкування марганцевої сировини, отримання марганцевих феросплавів, а також виплавки електросталі з підвищеним вмістом марганцю. Аналіз наведених в літературі даних стосовно діаграми рівноважного стану системи  $\text{MnO-SiO}_2$  показав різницю температур евтектичного й перитектичного плавлення, та принципову розбіжність у характері плавлення. На діаграмі відсутні дані щодо поліморфного перетворення родоніту.

Методом ДСК визначено температури фазових перетворень, плавлення й кристалізації зразків, що відповідають за складом родоніту ( $\text{MnSiO}_3$ ), тефроїту з родонітом ( $\text{Mn}_2\text{SiO}_4 + \text{MnSiO}_3$ ) та евтектиці, розташованої між ними. В роботі уточнено температури конгруентного плавлення тефроїта, солідус і ліквідус інконгруентного плавлення родоніту. Вперше експериментально визначено температуру поліморфного перетворення родоніту при фазовому переході  $\gamma\text{-MnSiO}_3 \leftrightarrow \beta\text{-MnSiO}_3$ , що супроводжується зміною об'єму до 2 %. Це дозволило нанести на діаграму стану системи  $\text{MnO-SiO}_2$  горизонтальну лінію поліморфного перетворення.

Отримані дані про рівноважний стан системи  $\text{MnO-SiO}_2$  розширюють уявлення про будову шлакових систем, що дозволяє: оптимізувати процес охолодження під час виробництва марганцевого агломерату; раціонально підібрати шлаковий режим плавки при виробництві феросилікомарганцю; скорегувати процес загущення шлаку після випуску продуктів плавки; обґрунтувати режим кристалізації шлаку при виробництві шлаколитих виробів.

### *ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ»*

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ГЛІНОЗЕМУ**

**Жека Є.В., керівник доц. Колбін М.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Найбільш простим і розповсюдженим способом витягання з бокситу гідрооксида алюмінію є спосіб Байера і називається байер-процес. Процес заснован на наступному: кристалічний гідрооксид алюмінію добре розчиняється при високій температурі в розчині їдкого натра високої концентрації з утворенням алюмінат натрію, а кремнезем у вигляді нерозчинних гідросілікатів натрію і кальцію у так званий червоний шлам. Розчин алюмінату при температурі 90°C надходить до декомпозиції, де при зниженні температури до 52-56°C на початку процесу і до 44-46 °C в кінці відбувається виділення кристалів гідрату алюмінію. Його крупна фракція піддається кальцинації з утворенням глінозему.

Другим способом є спосіб спікання нефелінових руд і концентратів. Українськими вченими були розроблені шлаколузні цементи, які не потребують високотемпературної обробки складових для їх отримання. Суттєвим недоліком було використання таких матеріалів як сода, каустик сілікат натрію. Тому після виділення пірохлорцирконового концентрату пропонується маріуполіт переробляти по способу

спікання, а содолужні розчини після виділення гідрооксиду алюмінію використовувати в якості лужної складової безвипального шлаколужного в'язучого. В маріуполітах вміст галлія, рубідія, цезія в декілька разів вище чім в кольських нефелінових концентратах. Витягання цих елементів дозволяє вести їх переробку економічно більш ефективно.

Третім способом є гідрохімічний спосіб переробки нефелінової руди. Використовується при розкладанні гідроалюміната кальція і гідрогранатів бикарбоната натрія



Процес добре йде без використання автоклава при 50-100°C. Из гідрогранатов алюміній витягується на 80-90%.

По способу Байера сировину треба отримувати з-за кордону, а в той же час на Україні є великі запаси маріуполітів тільки в Донбасі 2,9 млрд.т. Тому слід приділяти увагу двом іншим способам отримання глінозему.

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПРОЦЕСУ РАФІНУВАННЯ ЧОРНОВОГО СВИНЦЮ**

**Робота М.М., керівник доц. Колбін М.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Рафінування чорного свинцю від домішок може бути виконано пирометалургійним або електролітичним способом. При електролітичному способі рафінування незначна кількість свинцю попадає у відходи. Недоліком процесу є дороговизна і складності в переробці багатокомпонентного лома. У дійсний час рафінування свинцю відбувається переважно пирометалургійним способом.

Чорновий свинець завжди містить такі домішки: мідь, сурьму, миш'як, цинк, олово, залізо, висмут, сірку, срібло, золото та інші. Необхідність рафінування обумовлена тим, що не дивлячись на малий вміст їх в сплаві, сильно змінюють фізичні і хімічні властивості свинцю, роблячи його непридатним для використання в промисловості. У свинці завжди присутні сурьма, миш'як, олово. Ці домішки роблять свинець твердим, знижують його антикорозійні властивості. Способи рафінування свинцю сурьми, миш'яку, олова засновані на тому, що ці домішки володіють більшою спорідненістю до кисню ніж свинець. У промисловості застосовують два способи рафінування: окислювальний і лужний. Окислювальний здійснюють шляхом подачі повітря до поверхні свинцевої ванни.

Більш досконалий спосіб очищення свинцю від сурьми, миш'яку, олова - так зване лужне рафінування. Цей процес засновано на здатності цих утворювати з лугом нерозчинні у свинцю сполуки. Основні етапи процесу:

- окислення домішки в розплавленому свинці;
- взаємодія оксидів миш'яку, що утворилися, сурьми і олова з розплавом NaOH, що супроводжується перекидом домішок в лужний плав;
- розділення металевої фази і лужного плаву з подальшою їх переробкою.

Спосіб приведення в контакт двох розплавлених фаз дозволяє різко збільшити швидкість масообміну процесів.

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТИТАНОВОЇ ГУБКИ З МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ**

**Підкуйко С.С., керівник доц. Колбін М.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Вихідною сировиною для металургійного виробництва титану моають бути рудні концентрати і титанові шлаки. Сьогодні найбільша частка титану виробляється шляхом відновлення тетраклориду титану магнієм або натрієм. Залежно від способу виготовлення титан одержують у вигляді губки або порошку. Титанова губка являє пористу спечену масу титану, просочену залишками  $MgCl_2$  і надлишками магнію. Магнієтермічний спосіб одержання титану з тетраклориду виявляється економічно і технологічно доцільним тільки при комбінуванні титанового і манієвого виробництв.

Сьогодні більшість титанових заводів використовують натрієтермічний процес, що має ряд переваг:

- легкість транспортування натрію по трубах і точність дозування ;
- високі швидкості відновлення тетраклориду титану при 100% використанні відновника;
- простота відділення продукту реакції від металевого титану водним вилуговуванням;
- титан одержується у вигляді порошку, що полегшує його виділення з реакційної маси і дозування при подальшому використанні.

Готову реакційну масу, що містить ~17% титану; ~83% хлористого натрію і незначну домішку натрію, виризають із реторти і подрібнюють до крупності ~10мм. Виділення титану з подрібненої маси проводять вилуговуванням водою. Після розчинення  $NaCl$  титановий порошок відокремлюють від розчину і сушать. Порошок має крупність від 0,2 до 2,4мм. Середній вміст домішок у ньому: 0,01-0,07%С; 0,4-0,15% $O_2$ ; 0,001-0,02%  $N_2$ ; 0,005-0,019% $H_2O$ .

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИПЛАВКИ СИЛУМІНУ З РУДНОЇ СИРОВИНИ**

**Веретеннікова Х.Г., керівник проф. Ігнат'єв В.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Силумін – це комплексний сплав з вмістом алюмінію до 70%. Сплав одержують при сумісному відновленні оксидів алюмінію і кремнію вуглецем. Наявність кремнію в розплаві сприяє відновленню алюмінію і перешкоджає утворенню його карбідів –  $Al_4C_3$ . Сировиною для цього процесу служать будь які алюмінієві руди без значного вмісту оксидів заліза і пісок. Як відновник використовують малозольні сорти кам'яного вугілля та нафтового коксу. Відновлювальну плавку ведуть в потужних шахтних електропечах безперервної дії, переважно в однофазних печах постійного струму з токопровідною подиною. Силумін відповідно до складу шихти звичайно містить 20 – 70 % алюмінію, 28 – 70 % кремнію, 1 – 1,5 % заліза і забруднений шлаковими включеннями і карбідами. Для їх відділення розплав фільтрують через керамічну насадку, після чого додають електролітичний алюміній з метою одержання стандартного силуміну з 10 – 13 % кремнію.

Силумін використовують в ливарному виробництві, що дає великий економічний ефект у порівнянні з плавкою на чистому алюмінії та кристалічному кремнію.

## **ОСОБЛИВОСТІ АВТОГЕННОГО ПРОЦЕСУ ВИПЛАВКИ МІДІ В ПЕЧІ ВАНЮКОВА**

**Харченко А.С., керівник проф. Ігнат'єв В.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Автогенними в металургійному виробництві називають технологічні процеси, які здійснюються за рахунок внутрішніх енергетичних ресурсів, без витрати сторонніх джерел теплоти. Всі автогенні процеси в мідеплавильному виробництві є окислювальними процесами, в основі яких лежать екзотермічні реакції окислення сульфідів шихти, у першу чергу сульфідів заліза і реакції шлакоутворення. При цьому стає можливим, залежно від співвідношення між сульфідами і кількістю окислювального дуття варіювати склад отриманого штейну, аж до одержання чорної міді. Найбільш вдалим автогенним процесом є плавка Ванюкова в печі шахтного типу. Характерною особливістю плавки Ванюкова є те, що плавлення шихти і окислення сульфідів відбувається в об'ємі шлакового розплаву, а не в штейні. Продукти плавки, при цьому, рухаються в печі не в горизонтальному напрямку, як це прийнято в інших процесах, а в вертикальному – зверху вниз.

Техніко-економічні показники плавки Ванюкова: питома продуктивність 60 – 80 т/м<sup>2</sup> на добу, вміст міді в шлаках 0,5 – 0,6 %, вміст міді в штейні 45 – 65 %. Продуктивність печей Ванюкова в 4 – 8 разів перевищує продуктивність інших автогенних процесів.

## **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ПОРОШКОВОГО ТИТАНУ**

**Рєбристий Ю.В., керівник проф. Ігнат'єв В.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Дрібнодисперсний порошок титану одержують шляхом відновлення діоксиду титану –  $\text{TiO}_2$  кальцієм. Сировиною для цього процесу служать чисті рутиловий концентрат і  $\text{TiO}_2$ , виділений сернокислим способом. З доступних відновників, що можуть відновити  $\text{TiO}_2$  до металу, найбільшу спорідненість до кисню має кальцій. Відновлення ведуть в атмосфері аргону при 1000 – 1100 °С, коли Са перебуває в рідкому стані. Процес проводять у герметичних ретортах з жаростійкої сталі. Шихта складається із суміші  $\text{TiO}_2$ , Са і  $\text{CaCl}_2$ , і брикетується. Додаток хлориду кальцію сприяє укрупненню зерен титану до 2 – 3 мкм. Продукт відновлення подрібнюють, обробляють спочатку водою, потім розведеними оцтовою і азотною кислотами, знову промивають водою і сушать.

Для зниження вмісту кисню до 0,2 % застосовують повторне відновлення титанового порошку кальцієм. Вміст титану після кальцієтермічного відновлення  $\text{TiO}_2$  становить 98,5 – 99,0 %. Порошок титану використовують, головним чином, у порошкової металургії.

## **РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ВИПЛАВКИ МІДНИХ СПЛАВІВ В ІНДУКЦІЙНІЙ ПЕЧІ**

**Горовий В.О., керівник проф. Ігнат'єв В.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

За рахунок вторинної сировини покривається більше 80 % потреби України в мідних сплавах – латуні та бронзі. На частку олов'яних і безолов'яних бронз і латуні доводиться 96 % загального випуску вторинних сплавів на мідній основі. Виплавку

безолов'яних бронз здійснюють в індукційних каналних, а латуні – в тигельних індукційних печах. Виплавку бронз і латуні із вторинної сировини здійснюють на перехідній ванні (болото). Маса металу перехідній ванни становить 30 – 40 % від маси шихти. Більшість шкідливих домішок у мідних сплавах (Al, Si, Fe, Sb) відводять шляхом продувки розплаву повітрям і обробкою рафінуючими флюсами (кальцинована сода, плавиковий шпат, сульфат натрію, фтористий натрій, бій скла, галогеніди лужних металів).

Розкислення мідних сплавів відбувається за рахунок фосфористої міді. Для відведення з мідних сплавів водню застосовують продувку розплаву азотом і аргоном, а для неметалевих включень використовують фільтрування через зернистий фільтр (алунд).

## **РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ВИПЛАВКИ ЧОРНОВОГО СВИНЦЮ ЗІ ВТОРИННІЙ СИРОВИНИ**

**Коротя О.І., керівник доц. Головачов А.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Через відсутність рудної бази в Україні одержують тільки вторинний свинець із акумуляторного і кабельного брухту, відходів власного виробництва сплавів і лиття на основі свинцю. Основним джерелом свинцевої сировини в Україні є акумуляторний брухт (70 – 80 % Pb). Переробка вторинного свинцевого брухту в місті Дніпро здійснюється на заводах «Укрсплав» (Іста) і «Рекс». Дрібний акумуляторний брухт переплавляється в основному в короткобарабанних печах, що опалюються мазутом або газом. Плавка акумуляторного брухту в барабанних обертових печах протікає більш інтенсивно, ніж в відбійних. Це пов'язано з повнішим контактом між шихтою і стінками печі при обертанні і створює умови для більш високого витягу свинцю у сплав (95 – 97 %). Одержаний чорновий свинець містить 93 -94 % Pb, до 3,5 % Sb, 0,3 – 0,4 % Sn, до 1 % Cu. Рафінування чорнового свинцю від домішок (до 0,005 % Sb, до 0,002 % Cu, до 0,002 % Sn) для одержання м'якого свинцю виконується пірометалургійним і електролітичним способами.

## **РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЦИРКОНІЮ**

**Фурсенко Р.А., керівник доц. Колбін М.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Цирконій використовують в атомній енергетиці, електроніці, піротехніці і т.д. Основний мінерал цирконію є циркон і  $ZrSiO_4$ . В Україні циркон добувають на ВГМК в м. Вільногірськ. Чистий металевий цирконій одержують такими способами: 1) відновленням із хлоридів  $ZrCl_4$  магнієм або натрієм; 2) відновленням із фтористих з'єднань  $K_2ZrF_6$  натрієм або  $ZrF_4$  кальцієм; 3) відновленням із діоксиду  $ZrO_2$  кальцієм; 4) електролітичним; 5) іодідним рафінуванням.

В залежності від способу відновлення металу одержують цирконій у формі губки або порошку, з яких потім виробляють компактні заготівлі методом плавки або порошкової металургії. Основну частину цирконію, що одержують в виді губки або порошку, перетворюють в компактні заготівлі масою до 2 т методом дугової вакуумної плавки в електронно-променевих печах. Плавку проводять повторно з використанням отриманого зливку в якості електроду що витрачається.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА СПЛАВІВ НА ОСНОВІ**

**Передерєєв В.В., керівник доц. Воляр Р.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету**

З урахуванням переважного призначення міді та її сплавів, найбільшу актуальність та затребуваність має дослідження балансу високих механічних властивостей сплавів із збереженням електропровідності, близької до показників чистої міді [1].

Незважаючи на декілька форм виготовлення, таких як м'яка відпалена, або тверда наклепаного стану, експлуатаційні характеристики чистої міді дуже обмежені через її низьку міцність та залежність цієї характеристики від температури. Тому надалі механічні властивості можуть бути підвищені як за рахунок додавання легуючих елементів, так і послідовним переходом до використання великої кількості сплавів, таких як латуні, бронзи, мідно-нікелеві сплави, де мідь є базою [2].

На підставі аналізу літературних джерел стосовно існуючих технологій створення сплавів на основі міді із збереженням високої електропровідності і міцності, зроблено висновок, що для отримання зазначених вище властивостей доцільне використання мікролегування або твердорозчинного зміцнення, в комплексі із термообробкою та застосуванням холодної деформації [3].

Таким чином, дослідження технологічних особливостей отримання сплавів на основі міді, що мають збалансовані фізико-механічні властивості є перспективним напрямом для подальшого дослідження.

### **Перелік посилань:**

1. Пожуєв В. І., Іващенко В. І., Червоний І. Ф., Грицай В. П. Металургія кольорових металів : підручник ч.1 / за ред. І. Ф. Червоного. Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 351 с.
2. Бредихін В. М., Маняк М. О., Смирнов В. О., Пожуєв В. І., Червоний І. Ф., Грицай В. П. Металургія кольорових металів : підручник ч.7 Вторинна металургія кольорових металів / за ред. І. Ф. Червоного. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 452 с.
3. Ліхацький Р. Ф. Спеціальні сплави та композити на основі міді та методи їх одержання. *Процеси лиття*. 2020. № 1 (139). С. 61-67

## **ОСОБЛИВОСТІ НАПРАВЛЕНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ МОНОКРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ**

**Ковліков А.В., керівник доц. Воляр Р.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету**

Кремній є основним функціональним матеріалом для виготовлення більшості напівпровідникових приладів. Також для виготовлення сонячних елементів використовують кремнієві основи. Базовим методом (близько 90 %) виробництва різноманітних марок монокристалічного кремнію є метод Чохральського. Цей метод характеризується доволі простою та універсальністю технологічного оснащення, має відносно високу продуктивність та низьку собівартість виробництва. До недоліків цього методу слід віднести забрудненість монокристалу кремнію фоновими домішками такими як кисень та вуглець. Ці домішки потрапляють з матеріалів технологічної оснастки та матеріалу контейнера для плавки кремнію. Для отримання якісних монокристалів з заданим вмістом домішок кисню та вуглецю необхідно використовувати спеціальні методи та прийоми вирощування кристалів кремнію.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ УМОВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ МОНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСЬКОГО**

**Серба М.Д., керівник доц. Воляр Р.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету**

Метод Чохральського засновано на вирощування кристалів кремнію на монокристалічну затравку з розплаву. Для отримання монокристалів кремнію з заданим розподілом електрофізичних властивостей як по довженні кристалу так і по його поперечному перетину. Електрофізичні властивості монокристалічного кремнію залежать від розподілу домішок по об'єму монокристала що формується. В свою чергу розподіл домішок залежить від теплових потоків в тепловій системі установки вирощування.

Виконано аналіз теплових потоків в пічній установці для вирощування монокристалів кремнію методом Чохральського. Проведено модернізацію теплового вузла, замінено елементи бічного екранування та встановлено додаткові екрани у верхній та нижній частинах. Проведені заходи дозволили знизити температуру на нагрівачі, зберегти тепло на фронті кристалізації та змінити теплові потоки в розплаві. Використання зміненої конструкції теплової системи та встановлення додаткових екранів дозволило знизити вміст домішок кисню та вуглецю у монокристалічному кремнію та підвищити його електрофізичні властивості.

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ ГУБЧАСТОГО ТИТАНУ**

**Іванніков С.В., керівник доц. Воляр Р.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету**

Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям, малій щільності, високій міцності та стійкості до корозії титан є одним з ефективних конструкційних матеріалів. Титан використовують у багатьох галузях промисловості серед яких є літакобудування та виготовлення корпусів човнів, у медицині тощо.

Технологічна схема виробництва губчастого титану складаються з декількох етапів на яких намагаються контролювати та позбутися від домішок що забруднюють губчастий титан. Основні стадії виробництва губчастого титану це плавка титанового концентрату з отриманням титанового шлаку, хлорування титанового шлаку з отримання технічного тетрахлориду титану, очищення технічного тетрахлориду титану методом ректифікації, відновлення очищеного тетрахлориду титану магнієм та вакуумна сепарація блоку губчастого титану. Основними стадіями на яких відбувається суттєве забруднення блоку губчастого титану домішками є відновлення та сепарація губчастого титану.

Аналіз потрапляння домішок в блок губчастого титану показує декілька джерел потрапляння. Домішки можуть потрапляти в блок губчастого титану з тетрахлоридом титану або магнієм що використовується у якості відновника, за рахунок негерметичності з'єднань апарату відновлення та сепарації та у результаті контакту блоку губчастого титану з стінками реторти що виготовлена із нержавіючої сталі. Для виготовлення якісного губчастого титану необхідно враховувати усі можливі джерела потрапляння домішок та розробляти спеціальні заходи по їх усуненню, а також використання відновника з мінімальним вмістом домішок.

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ  
ДЕКОМПОЗИЦІЙ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ ЗА СПОСОБОМ БАЙЄРА**  
**Жмурков П.В., Жмуркова К.І., керівник доц. Воляр Р.М.**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького  
національного університету.**

Процес Байєра, що використовується для переробки бокситів на глинозем, є основою світового виробництва первинного алюмінію. Незважаючи на те, що процес добре налагоджений, наявність домішок в алюмінатних розчинах, що розкладаються на стадії декомпозиції, впливає на якість продукту та призводить до економічних втрат.

Відомо, що на продуктивність і якість оксиду алюмінію в процесі Байєра впливає багато різних змінних, таких як кінетика кристалізації гідроксиду алюмінію, термодинаміка іонних розчинених речовин, конструкція обладнання або гідродинаміка та роль домішок, які сповільнюють ріст/агломерацію часток.

Стандарти та Специфікації, що регламентують фізико-хімічні характеристики металургійного глинозему, обмежують його фракційний склад та вміст домішок оксидів натрію ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) та заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Досліджено вплив температури та тривалості розкладання алюмінатних розчинів на якість отриманого продукту. Виявлено, що стабільність гранулометричного складу та міцність кристалів гідроксиду алюмінію може бути забезпечена шляхом дотримання оптимального співвідношення ступеню пересичення до площі активної поверхні затравки за умови мінімізації забруднення розчинів оксалатом натрію ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ). Забрудненість оксидом натрію може бути знижено за рахунок уникання небажаних агломераційних процесів на початковій стадії розкладання, а вміст оксиду кремнію може бути знижений шляхом дотримання мінімально можливої температури розкладання та мінімізації тривалості процесу. Таким чином, результати дослідження процесів кристалоутворення в циклі Байєра вказують на необхідність розробки математичної моделі, яка дозволить здійснювати ефективне управління параметрами розкладання алюмінатних розчинів, забезпечуючи відповідність якості продукції за всіма регламентованими параметрами, та гарантує стабільну роботу при зміні Специфікації.

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ КАЛЬЦИНАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ**  
**Безрученко О.В., керівник доц. Воляр Р.М.**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького  
національного університету.**

Кальцинація гідроксиду алюмінію є завершальним етапом у процесі виробництва глинозему. Процес кальцинації являє собою промисловий нагрів  $\text{Al}(\text{OH})_3$  до температури  $1200\text{ }^\circ\text{C}$  або нижчої в залежності від характеристик вхідної сировини та вимог замовника до якості товарної продукції.

Кінцевий склад продукту (мінералогічний і гранулометричний склад) визначає температуру випалу. Визначено, що під час процесу кальцинування  $\text{Al}(\text{OH})_3$  втрачає на першій стадії нагріву (діапазон температур між  $250 - 500\text{ }^\circ\text{C}$ ) дві молекули води, і першим продуктом є беміт  $\text{Al}(\text{OH})$ . Після цього в більш високому температурному діапазоні утворюються різні модифікації  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в результаті дегідратації беміту та фазових перетворень. Поліморфні перетворення  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при нагріванні гідроксиду алюмінію не є однозначно дослідженими, що зумовлює необхідність подальшого вивчення даного процесу та уточнення опису механізму фазових перетворень.

Основною причиною розбіжностей є дуже низька кристалічність дрібних частинок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

В умовах промислового виробництва в основному отримують низькопрожарений глинозем, масовий вміст  $\alpha$ -модифікації в якому складає 6 – 8 %. Майже весь об'єм такого глинозему направляється на виробництво первинного алюмінію електролізом. Крім того, деякі підприємства за умови наявності попиту виробляють певну кількість так званого високопрожареного глинозему, що містить понад 12 %  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Зазвичай, споживачі висувають до такого глинозему менші вимоги щодо крупності кристалів або прагнуть отримати матеріал високої дисперсності. Подальші дослідження процесів фазових перетворень при кальцинації мають на меті забезпечення можливості випуску глинозему для різних сфер застосування при мінімальній собівартості.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ РОЗПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**

**Дьомін О.С., керівник доц. Нестеренко Т.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету.**

Основною тенденцією світового виробництва продукції із вторинної алюмінієвої сировини є переробка брухту і відходів на підприємствах потужністю понад 20 тис. т металу за рік. Через невелику потужність українські підприємства не використовують замкнуті технологічні лінії і сучасне мобільне устаткування для підготовки шихти, вторинну алюмінієву сировину переплавляють в устаткуванні місткістю до 10 т за цикл. Отриманий метал має відхилення від світових стандартів за хімічним складом по основним елементам і домішкам, надходить споживачам як підготовчі сплави. Для отримання конкурентоспроможних алюмінієвих сплавів розроблено методи очищення і рафінувальне устаткування. Для очищення розплавів від водню шляхом продування нейтральними газами створено нові установки з попереднім сушінням азоту, що застосовують термочутливий силікагель як поглинач вологи. Запропоновано композиції трикомпонентного рафінувального флюсу, що відповідають потрійній евтектиці у системі хлоридів магнію, калію та натрію, для заміни газоподібного хлору та забезпечення екологічності процесу рафінування.

### **ПРО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОТРИМАННЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ У СТРУМЕНЕВИХ МЛИНАХ**

**Крамаренко Є.О., керівник доц. Нестеренко Т.М.**

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету.**

Порівняно невеликі витрати на виготовлення виробів з порошків разом з можливістю надання виробам спеціальних властивостей висунули порошкову металургію до числа найбільш прогресивних сучасних технологій, в тому числі й отримання наноматеріалів. Вдосконалення фізико-хімічних і спеціальних властивостей матеріалів відбувається шляхом створення нових за структурою і складом матеріалів, а також завдяки застосуванню нетрадиційних процесів їх отримання або внаслідок модифікуючої обробки порошків. Тепер із розробкою нових матеріалів і отримання виробів шляхом 3D-друку є великий попит на нанодисперсні порошки. Одним зі способів отримання ультрадисперсних порошків є механічне подрібнення у струменевих млинах за понижених температур (так зване холодоструменеве

подрібнення). Очищене, осушене повітря-носій та вихідний металевий матеріал охолоджуються до мінус 120 °С завдяки адіабатного розширення до атмосферного тиску після проходження через сопло з надзвуковою швидкістю. Окрихлений матеріал (Cu, Al, Fe, FeO, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, тверді сплави, вуглецеві і леговані сталі), що потрапляє у робочу камеру млина, постійно рухається, відбувається багаторазове зіткнення з нерухомою мішенню зі зностійкого матеріалу та ефективно подрібнюється до часточок з ультрадисперсним розміром.

#### *ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ УТВОРЕННЯ НІТРИДІВ У СТАЛЯХ АУСТЕНІТНОГО КЛАСУ**

**Дмитренко Є.М., керівник доц. Ісаєва Л.Є.**

**Український державний університет науки і технологій**

При експлуатації енергоблоків теплової та атомної енергетики, які працюють в умовах підвищених температур (до 650°C) та тиску пари (до 350 МПа), необхідні сталі з високим рівнем тривалої міцності та низькою повзучістю, а для запірно-регулюючої арматури додатково з високою кавітаційною та корозійною стійкістю. При цьому сталі повинні мати досить низьку собівартість легування та проводитися стандартними металургійними технологіями в умовах відкритої плавки, прокатки, кування, лиття.

Такими є сталі з дисперсійним карбідним, нітридним або інтерметалідним зміцненням, які забезпечують високу теплостійкість та низьку повзучість при необхідному рівні корозійної стійкості. Для дослідження оптимізації умов зміцнення Cr – Mn – N-аустенітних сталей, які б дозволили збільшити коефіцієнт корисної дії, надійність та довговічність обладнання, потрібні відомості про результати кінетичної залежності утворення нітридів.

Склад дослідженої сталі 17X15ГАФ містив (мас.%): 0,17C; 0,08Si; 18,97 Mn; 14,89Cr; 0,223N; 0,320V; 0,045Al; 0,011S; 0,013 P. У зв'язку з тим, що на основі сучасних уявлень неможливо розрахувати комплексний вплив ферито- та аустенітоутворюючих елементів на структуру  $\alpha$ - і  $\gamma$ -фаз у Cr–Mn–N–V-сталей у литому, гарячекатаному та термообробленому стані, необхідно було крім визначення хімічного складу нітридних фаз, знати швидкість їх утворення в інтервалі 1200-700°C. Результати визначення кінетичних залежностей нітридоутворення, у вигляді швидкості утворення нітридів в одиницю часу ( $V=dC/dt$ ) за різних температур, показали, що значення максимальних швидкостей утворення  $V_{VN} = 0,0108$  г/год при 900°C;  $V_{AlN} = 0,0023$  г/год при 1200°C і сумарного зв'язування азоту в нітриди  $VN = 0,0025$  г/год при 1000°C є визначальними при оптимізації умов дисперсійного нітридного зміцнення. В інших сталях значення максимальних швидкостей і температур утворення нітридів визначається їх хімічними складами.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ГОМОГЕННИХ РЕАКЦІЙ УТВОРЕННЯ НІТРИДІВ V і Mo У ЗАЛІЗНИХ СПЛАВАХ**

**Литвиненко Д.К., керівник доц. Ісаєва Л.Є.**

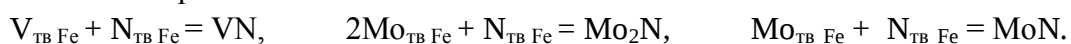
**Український державний університет науки і технологій**

При азотуванні сталей, поверхня сталевих виробів набуває унікальний комплекс властивостей: підвищується твердість, зносостійкість, збільшується границя витривалості. Тому, у промисловості все більше уваги приділяють цьому процесу.

Присутність Молібдену або Ванадію у таких сталях приводить до утворення нітридів, що робить можливим поліпшення властивостей сталей за рахунок дисперсійного зміцнення і підвищення корозійної стійкості. Структура і морфологія нітридів залежать від умов, за яких відбувається їх утворення та від природи металу.

У літературі існує обмежена кількість порівняльних відомостей про вплив зміни агрегатного стану та природи середовища на реакції утворення нітридів та їх властивості, тому, метою досліджень було визначення умов, за яких утворюються нітриди Ванадію та Молібдену у твердих розчинах заліза в результаті гомогенних реакцій, та порівнянні їх з умовами, які зазвичай застосовуються при утворенні нітридів Ванадію і Молібдену в гетерогенних реакціях взаємодії ванадійовмісних або молібденовмісних твердих часток речовин з газоподібними  $N_2$  або  $NH_3$ .

Для цього дослідження, у вакуумній печі виплавили два сплави заліза: один, який містить 1,80 % V, та інший, що містить 5,72% Mo. Кількість домішок C, N, Mn і S не перевищувала 0,1%. Нітрогеном сплави насичували в потоці частково продисоційованого  $NH_3$ . Реакції утворення нітридів відбувалися шляхом внутрішнього азотування у твердому розчині заліза у процесі нагрівання зразків в інтервалі 670 – 1570  $\pm$  10K протягом 600хв.



Згідно висновкам досліджень гомогенних твердофазних хімічних реакції утворення нітридів Ванадію і Молібдену у сплавах заліза встановлено залежності кількості нітридів, що утворюються, від температури реакції. Максимальна кількість нітридів Ванадію утворюється при  $T=1370K$ , а нітридів Молібдену при  $T=870K$ . Вище цих температур нітриди Ванадію і Молібдену не утворюються, хоча в умовах гетерогенних реакцій вони є стійкими до значно більш високих температур. На відміну від гетерогенних реакцій газоподібного азотування твердих речовин, у досліджених гомогенних умовах Ванадій утворює нітриди тільки кубічної кристалічної модифікації.

## **ВИБІР ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИПЛАВКИ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ З КОНТРОЛЮВАНИМ ВМІСТОМ ФОСФОРУ**

**Друченський Є.І., Комар А.С., керівник доц. Надточій А.А.**  
**Український державний університет науки і технологій**

До шихти для феросплавів пред'являються підвищені вимоги до вмісту фосфору, оскільки феросплави подають у піч для розкислення перед випуском, отже, весь фосфор, що у феросплаві, переходить до сталі. Виплавлення феросплавів з необхідним вмістом фосфору можливе лише за умови забезпечення виробництва низькофосфористої марганцевої сировини. При металургійному способі дефосфорації марганцевої сировини на феросплавних заводах України одержують низькофосфористий марганцевий шлак, який використовують для виплавки марганцевих феросплавів. Отримання стандартних за вмістом фосфору марганцевих феросплавів за одночасного корисного вилучення марганцю залишається актуальним завданням. Найміцнішою сполукою, в якій фосфор знаходиться в оксидних розплавах та природній сировині, є фосфат кальцію  $Ca_3(PO_4)_2$ . Умовою вилучення фосфору з цієї сполуки є його взаємодія з вуглецем. Присутність у системі  $SiO_2$  помітно впливає на цю реакцію. Проведено термодинамічні розрахунки для шлакової системи Mn-Ca-Si-Fe-Mg-Al-P-O із застосуванням теорії регулярних іонних розплавів для кислих та основних шлаків. Енергія змішування  $CaO$  і  $P_2O_5$  велика і становить - 201 кДж/моль, а  $SiO_2$  і  $P_2O_5$  значення становить 2 кДж/моль. Як показують термодинамічні розрахунки, зі збільшенням концентрації  $SiO_2$  у розплаві, активність кальцію зменшується. Таким чином,  $SiO_2$  витісняє оксид фосфору із сполуки з  $CaO$ . Наявність у розплаві оксидів

заліза показало, що основність при якій активність  $\text{SiO}_2$  стає більшою за активність  $\text{CaO}$  і становить меншу величину. Оскільки енергія змішування  $\text{SiO}_2$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  є малою величиною, ці оксиди не утворюють міцних сполук і фосфор переходить до металевої системи, а при більш високих температурах можливий перехід із шлакового розплаву в газову фазу, оскільки його температура кипіння становить  $605^\circ\text{C}$ .

### **ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ БОРУ У ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЯХ 14X17H2**

**Марченко Я.О., Губа Р.М., керівник доц. Надточій А.А.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Використовування бору (разом з ванадієм, титаном, ніобієм, РЗМ та ін.) відкриває широкі можливості для отримання економно-легованих сталей, експлуатаційні характеристики яких у багатьох випадках не тільки, але і перевершують рівень властивостей сталей, одержуваних із застосуванням традиційної системи легування. Для більшості легуючих елементів позитивний вплив на властивості сталі пропорційно кількості добавки, що вводиться. Бор же істотно підвищує якість металу вже при введенні його в кількості  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  %. При такому вмісті вплив бору на прожарюваність і в'язкість низько- і середньолегованих сталей відповідає ефекту легування хромом, марганцем, молібденом або нікелем з вмістом їх в 100-300 разів більше добавок бору. Має місце також позитивний вплив бору на кристалізацію сталі. Аналіз поведінки бору проводили у високовуглецевих сталях 14X17H2 складу, мас. %: 0,12 C; 0,35 Si; 0,34 Mn; 17,18 Cr; 1,63 Ni; 0,02 V; 0,05 Mo; 0,11 Cu; 0,004 S; 0,031 P; 0,01 Ti; 0,056 Al; 0,029 Co; 0,003 B і 0,043 азоту. Проведений розрахунок спорідненості присутніх домішок в сталі до кисню при температурі  $1600^\circ\text{C}$ . Представлені мінімальні значення  $\Delta G_{1600}^\circ$  для реакцій утворення оксидів і складних з'єднань, кДж/ моль  $\text{O}_2$ :  $\Delta G_{1600}^\circ > -708 (\text{Al}_2\text{SiO}_5) > -716 (\text{Al}_2\text{O}_3) > -739 (\text{TiO}) > -860 (\text{MnTiO}_2) > -865 (\text{CaO})$ . Для утворення оксиду бору  $\text{B}_2\text{O}_3$  значення  $\Delta G_{1600}^\circ = -558$  кДж/моль  $\text{O}_2$ . Таким чином, утворення оксиду бору термодинамічне можливе, проте в сталі присутні домішки з більшою спорідненістю до кисню. Проведений розрахунок спорідненості домішок сталі 14X17H2 до азоту для температури  $1600^\circ\text{C}$ . Мінімальні значення  $\Delta G_{1600}^\circ$  для реакцій утворення нітридів, кДж/ моль  $\text{N}_2$ :  $\Delta G_{1600}^\circ > -155 (\text{BN}) > -195 (\text{AlN}) > -303 (\text{TiN})$ . Термодинамічне переважно утворення нітриду титана. Розрахунок рівноваги системи метал-шлак-газ при отриманні сталі 14X17H2 проводили з використанням термодинамічних баз даних "HSC Chemistry 5.1" при температурах 1600-100  $^\circ\text{C}$ . Розрахунок показав, можливість утворення оксидних включень  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  і  $\text{MnTiO}_2$ . Бор в цій сталі при високих температурах утворює з'єднання  $\text{Fe}_2\text{B}$  і  $\text{FeB}$ , проте при охолодженні системи ці з'єднання переходять в BN.

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЛУЧЕННЯ МЕТАЛІВ З ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Мінухін М. Г., керівник доц. Кузнєцов Є. В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Зростання виробництва супроводжується безперервним збільшенням обсягу незворотних відходів. У багатьох випадках вони містять велику кількість важких та кольорових металів, попит на які також постійно зростає. Такими є, наприклад, відходи (шлам) гальванічного виробництва. Найчастіше вміст у них міді, цинку, нікелю, хрому чи заліза може бути навіть вище, ніж у рудах. У зв'язку з цим велике практичне

значення набуває завдання вилучення цих металів з метою їхньої подальшої переробки та повторного використання.

Як один із способів рішення поставленого завдання було запропоновано змішувати гальванічний шлам (осад) з добавками, що містять хлорид-іони, механохімічно активувати цю суміш шляхом подрібнення в кульовому млині сухого помелу, потім, з метою інтенсифікації утворення водорозчинних сполук хлоридів металів, піддавати її термічній обробці при температурі від 450 до 550 °C з наступними вилуговуванням спікання стічною водою, фільтрацією отриманого розчину і вилученням з нього металів методом електрофлотації. Запропонований метод може бути вдосконалений шляхом заміни операції подрібнення в кульовому млині подрібненням методом тертя маси по масі. Практика показує, що такий спосіб дозволяє отримувати дрібніші, аж до наночастинок, фракції, які мають надзвичайно високий рівень поверхневої активності. Це сприятиме підвищенню ефективності процесу за рахунок подальшого збільшення реактивної здатності вихідної речовини.

### **PHOSPHORUS PARTITION BETWEEN LIQUID CRUDE STEEL AND HIGH-BASICITY BASIC OXYGEN FURNACE SLAGS CONTAINING V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

**Dipl.-Ing. Lukas Neubert**

**Institute for Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany**

The impact of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on the distribution of phosphorus between molten steel and a heterogeneous basic oxygen furnace (BOF) slag with a CaO/SiO<sub>2</sub> ratio of 4.2 was examined at a temperature of 1600°C using a medium-frequency induction furnace. The phosphorus transfer from steel to slag and vice versa was investigated over 60 minutes. The results, presented as phosphorus distribution and phosphorus capacity, were compared with experimental data from previous studies. It was observed that the presence of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in highly basic BOF slags reduces both phosphorus partition and phosphorus capacity. Furthermore, the resulting slags were analyzed using a scanning electron microscope (SEM).

In conclusion, the effect of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on phosphorus partition between a highly basic BOF slag and molten steel has been verified. It was observed that phosphorus partition decreases with higher V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> concentrations in the slag. This reduction appears to be consistent regardless of whether the phosphorus transfer from slag to steel or from steel to slag was studied. In both scenarios, phosphorus distributions between 150 and 160 were achieved at 1600°C with an addition of 15 mass-% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and a holding time of 1 hour. Initially, phosphorus partition was slightly under 700 in the slag-to-steel experiments and around 56 in the steel-to-slag experiments. Furthermore, the phosphorus capacity of the slag diminishes with increasing V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content. SEM analysis of the slags revealed the phases in which phosphorus is bound. Vanadium displaces phosphorus from a liquid slag phase, which is also rich in CaO and SiO<sub>2</sub>. Additionally, the solid phase 3CaO•V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> becomes more prevalent with increasing V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> concentrations, binding more CaO essential for dephosphorisation. These findings support the inhibitory effect of V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in slag on phosphorus partition.

### **VISCOSITY MEASUREMENTS OF CAO-SIO<sub>2</sub>, CAO-AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MELTS.**

**Dipl.-Ing. Nataliia Tinkova**

**Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany**

One of the most important physical properties of slags and fluxes is viscosity. The viscosity values strongly influence the reactions taking place at the metal-slag interface.

In the following study the viscosity of 4 melts of the systems CaO-SiO<sub>2</sub> and CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were measured. The chemical composition of the samples is represented in the Table 1.

The viscosity measurements were carried out using the rotating cylinder method with an Anton Paar MCR 301 rheometer. A detailed description of the equipment is given in the work of Chebykin et al. [1].

| Sample | CaO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Sample | CaO   | SiO <sub>2</sub> |
|--------|-------|--------------------------------|--------|-------|------------------|
| CA1    | 46,18 | 53,40                          | CS1    | 39,51 | 59,43            |
| CA2    | 50,89 | 48,78                          | CS2    | 54,62 | 44,52            |

Table 1. The chemical composition of the investigated slags.

For the viscosity measurements the samples were pre-melted in the molybdenum crucible in the MFG-40 furnace to achieve required level of the melt in the crucible (30-35mm). After the pre-melting the crucible was placed in the induction furnace and heated up to 1650°C. After that the viscosity was measured with a constant cooling rate of 10 K/min. The experiments were carried out under an argon atmosphere. Measured viscosity data are represented at the Fig.1.

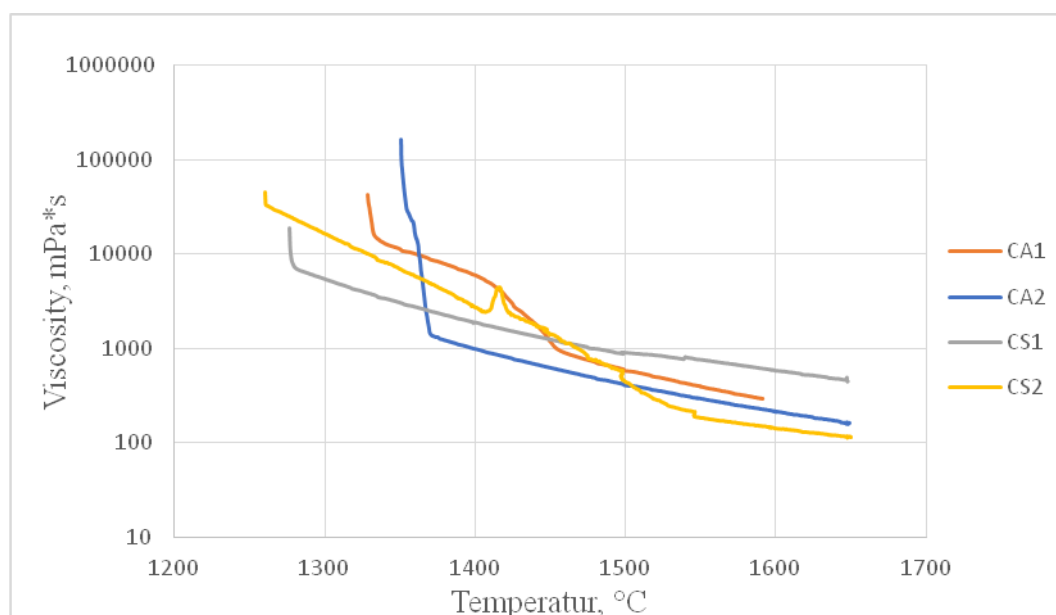


Fig. 1. Viscosity values of the investigated slags.

The viscosity of the CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> slags increases when the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content increases. The viscosity of the CaO-SiO<sub>2</sub> slags increases as the SiO<sub>2</sub> content increases. The activation energy of the investigated slags was calculated. For the slag with 53,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> it is approx. 190 kJ/mol. As the aluminum oxide content decreases, the activation energy also decreases. When the concentration of SiO<sub>2</sub> in the CaO-SiO<sub>2</sub> system increases from 44,52% to 59,43% the activation energy increases from 129±5 kJ/mol to 156±5 kJ/mol.

#### References:

- [1] D. Chebykin, H.-P. Heller, T. Dubberstein, I. Korobeinikov, and O. Volkova, 'Viscosity Measurement of Slags using Rotating Bob and Vibrating Finger Viscometer', *ISIJ Int.*, vol. 57, no. 8, pp. 1319–1326, 2017, doi: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-580.

# EFFECT OF SULPHUR ON THE SURFACE TENSION OF MANGANESE-BORON STEELS

M.Sc. Matheus Roberto Bellé

Institute of Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg

The thermophysical properties of steels are a vital factor in metallurgical processing and modelling. Particularly, the effects of alloying elements and impurities on the surface tension at high temperatures are still not well known. Sulphur is an impurity element present in every steel alloy at various concentrations. In the present study, the surface tension of sulphur-containing manganese-boron steels is measured at high temperatures via the Maximum Bubble Pressure (MBP) method [1]. The measurements generated results with relatively low error and in accordance with the literature. The addition of ppm of sulphur impacted the surface activity and decreased the surface tension of the steel melt at various temperatures.

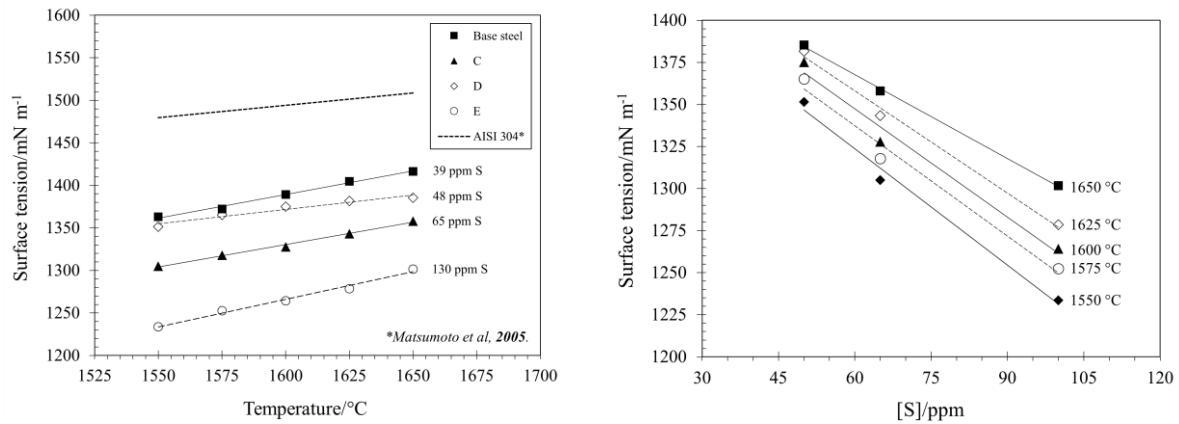
**Table 1.** Chemical composition in wt. % of the base steel and samples (C-E) after experiments.

| Sample      | C    | Si   | Mn   | Cr   | Al    | Ni    | P     | S      | B      | O <sub>total</sub> | N      |
|-------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------|--------|
| Base steel* | 0.25 | 0.25 | 1.14 | 0.07 | 0.001 | 0.005 | 0.004 | 0.0039 | 0.0015 | 0.0036             | 0.0048 |
| C           | 0.24 | 0.26 | 1.28 | 0.15 | 0.002 | 0.007 | 0.004 | 0.0063 | 0.0018 | 0.0019             | 0.0145 |
| D           | 0.27 | 0.28 | 1.32 | 0.15 | 0.002 | 0.017 | 0.004 | 0.0048 | 0.0015 | 0.0037             | 0.0156 |
| E           | 0.23 | 0.27 | 1.25 | 0.13 | 0.001 | 0.005 | 0.004 | 0.0130 | 0.0022 | 0.0077             | 0.0126 |

The surface tension of the melt measured via the MBP method and described in [1] is calculated with Equation 1:

$$\gamma = \frac{r \cdot p}{2} \cdot \left\{ \left[ 1 - \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{r \cdot \rho \cdot g}{p} \right) \right] - \left[ \frac{1}{6} \cdot \left( \frac{r \cdot \rho \cdot g}{p} \right)^2 \right] \right\} \quad (\text{Equation 1})$$

where, the density of the liquid is  $[\rho] = \text{kg m}^{-3}$ , the gravitational acceleration is  $[g] = \text{m s}^{-2}$  and the immersion depth is  $[h] = \text{mm}$  and  $p = [p_{\text{max}} - (\rho \cdot g \cdot h)]$ , with  $[p] = \text{bar}$ .



**Figure 1.** The left diagram shows the surface tension as a function of temperature for different [S] contents, compared with AISI 304 [2]. The right diagram shows isotherms, indicating the influence of sulphur in the surface tension of manganese-boron steels.

In the present work, the maximum bubble pressure method was employed to measure the surface tension of a group of sulphur-containing manganese-boron steels. From the presented study, it can be concluded that the MBP method was successful in determining the surface tension of steel alloys, with a relatively low standard deviation ( $\sigma_{\text{max}} = 16 \text{ mN m}^{-1}$ ). Sulphur was responsible for the decrease of surface tension up to 10.8%, when at a 100 ppm concentration.

## References

- [1] I. Korobeinikov, D. Chebykin, S. Seetharaman, O. Volkova, Int J Thermophys 2020, 41, DOI: 10.1007/s10765-020-02628-5.  
[2] T. Matsumoto,

## ПІДСЕКЦІЯ «ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО»

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ СУЛЬФІДІВ МАГНІЮ У МАСИВНИХ ВИЛИВКАХ

**Ковальчук В.І., керівник проф. Хричиков В.Є.**

**Український державний університет науки і технологій**

У виливках із високоміцного чавуну часто трапляються дефекти у вигляді усадкових раковин, пористості, незадовільної форми графіту і «чорних плям» у вигляді скупчення неметалевих включень MgS.

Досліджували розподіл неметалевих включень MgS в чавунному прокатному валку масою 2200 кг по сірчаним відбиткам з дисків від надливу, нижньої і верхньої шийок, що охолоджувалися у піщано-глинястій суміші, і бочки, яка охолоджувалась у кокілі із сірого чавуну. Кількісний аналіз розподілу включень проводили по середньому діаметру, площі і їх периметру з використанням комп'ютерної програми Image Expert Pro 2.

Встановлено, що більшість сульфідів магнію спливає з нижньої шийки в надлив валка. Тому хімічний склад чавуну за вмістом сірки, наведений у паспорті валка, завищений у порівнянні з фактичним, а в надливі – занижений.

Після механічної обробки валків надливи повертають в ливарний цех для переплавлення, а розрахунок шихти виконують по хімічному складу, в якому вміст сірки менше у порівнянні з фактичним. Тому кількість магнію (лігатури), що вводять при модифікуванні, не забезпечує отримання кулястої форми графіту і збільшує кількість «чорних плям» у робочих частин прокатного валка.

Рекомендовано при шихтуванні плавок масивних виливків із чавуну з кулястою формою графіту враховувати підвищений у кілька разів вміст сірки у надливі і коригувати кількість магнію, що вводять при модифікуванні.

Після завершення експлуатації прокатні валки повертаються для переплавлення у вальцеливарний цех. Тому рекомендовано враховувати при шихтуванні менший вміст сірки у ломі валків, ніж у хімічному складі, наведеному в паспорті валка.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПИЛОПОДІБНИХ ВІДХОДІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ЛСТ.

**Олексієнко Р. А., керівник доц. Мазорчук В.Ф.**

**Український державний університет науки і технологій**

Проведені дослідження технологічних властивостей формувальних сумішей з технічними лінгосульфوناتами. Перспективним є виготовлення ливарних стрижнів і форм із цих сумішей шляхом впровадження в них лінгосульфонатів, які не токсичні у порівнянні з фенол-формальдегідними смолами. Проведено дослідження міцності на стиск, газопроникності. Показники міцності склали близько 0,54 МПа та газопроникності близько 160 од.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІДКОСКЛЯНИХ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІСКУ З ВІДВАЛУ.**

**Крайняк В. В., керівник доц. Мазорчук В.Ф.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Проведені дослідження впливу піску з відвалу на технологічні властивості рідкоскляних формувальних сумішей. Встановлено, що пісок з відвалу «Вільногірського гірничо-збагачувального комбінату» складається на 97% з  $\text{SiO}_2$  та 3% різних домішок та двох фракцій 0,16 мм – 60%, 0,2 мм – 35%. Вміст піску з відвалу у формувальній суміші не повинен перевищувати 20%.

Використання відходів виробництва у формувальних сумішах дозволить знизити їх собівартість, не погіршуючи технологічні властивості.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПЛЕКСНИХ МОДИФІКАТОРІВ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ**

**Бугайов С.В., керівник проф. Іванова Л.Х.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Для визначення типу комплексного модифікатора (КМ) для валкових чавунів провели серію з 12 плавів із застосуванням для модифікування КМ, що містить магній (КМг9 ДСТУ 3362-96) і КМ, що містить рідкісноземельні метали (ФС30РЗМ30), дослідна швидкість охолодження складала 4,5 град/с. Модифікування чавуну від робочого шару валків КМ, що містив магній (присадка 0,2...1,5 мас.%), при усіх дослідних присадках викликало появу графіту в структурі (у вихідному стані - білого), що є неприпустимим. Зі збільшенням присадки КМ границі міцності при вигині і розриві підвищувалися максимально на 17 та 11%.

Модифікування чавуну КМ, що містить РЗМ (присадка 0,2...1,0 мас.%), забезпечувало максимальну кількість карбідів і відсутність графітних включень в структурі дослідного чавуну. Структурні зміни супроводжувалися підвищенням твердості та міцності при вигині і розриві до 49 та 60% за оптимальної присадки модифікатора. Дослідження сумісного модифікування КМ, що містить магній, та КМ, що містить РЗМ, не привело до поліпшення структури у порівнянні з модифікуванням тільки КМ на основі РЗМ. Кількість карбідної фази у структурі дослідних чавунів у порівнянні з модифікованим оптимальною присадкою КМ на основі РЗМ чавуном зменшилася на 14...16%. Дослідні присадки КМг9 від 0,1 до 0,4 мас.% за постійної присадки СРЗМ30 1,0 мас.% не привели до підвищення властивостей міцності чавуну у порівнянні з оптимальною присадкою тільки СРЗМ30. Таким чином, проведені дослідження показали, що найліпші механічні властивості та структура були одержані при обробці чавунного розплаву КМ на основі РЗМ у кількості 1,0 мас.%.

## **ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ НА СТРУКТУРУ ХРОМИСТОГО ЧАВУНУ**

**Хрінік Є.В., керівник проф. Іванова Л.Х.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Метою роботи було дослідження впливу модифікування різними модифікаторами на структуру хромистого чавуну марки ІЧХ28Н2. Досліджувані сплави виплавляли у дуговій печі ДСП-3,5А. Як шихтові матеріали застосовували повернення виробництва хромистого чавуну ІЧХ28Н2 і високовуглецевий ферохром, для науглероживання застосовували стандартні карбюризатори, у тому числі сірий

чавун. Як модифікатори застосовували лігатури КМг13 і ФС30РЗМ30. Модифікатори подрібнювали до фракції 2...7 мм із присутністю пилоподібної фракції 5...8%. Модифікували розплав у ковші ємністю 60 кг. З плавки заливали два комплекти зразків: до модифікування та модифіковані. Вибивання проводили після охолодження зразків до 30...70°C. Для поліпшення оброблюваності та зняття напруг проводили відпал зразків за температури 750°C протягом 50 хв. Дослідження структури зразків із модифікованих високохромистих чавунів показало, що вона складалася з аустеніту, фериту, карбідів Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> та Cr<sub>23</sub>C<sub>3</sub>. Дендрити твердої карбідної фази розклинювалися, проростаючи в аустенітній пластичній основі. Модифікування сплаву стандартним комплексним модифікатором, що містить магній, показало, що структура до і після модифікування змінилася: розміри первинних карбідів в модифікованому сплаві були значно меншими, ніж в немодифікованому. Після модифікування досліджуваного сплаву комплексним модифікатором, що містить РЗМ, його структура дуже істотно відрізнялася від немодифікованого стану. У модифікованому сплаві кількість карбідів була найбільшою, більше за 35%. Після обробки сплаву цим модифікатором розмір первинних карбідів М7С3 істотно зменшився з 9 мкм в немодифікованому сплаві до 5 мкм – в модифікованому.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКУВАННЯ НА РЕЛАКСАЦІЮ НАПРУГ У ЧАВУННИХ ВИЛИВКАХ**

**Теплицький Є.А., керівник проф. Іванова Л.Х.**

**Український державний університет науки і технологій**

Було досліджено промислову партію прокатних валків виконання СШХН-50 з використанням для обробки валкових розплавів різних модифікаторів: металевого магнію, лігатур на основі РЗМ, залізо-кремній-магнієвої, нікель-магній-церієвої та залізо-кремній-магній-кальцієвої лігатури. Структура робочого шару дослідних валків являла собою доєвтектичний половинчастий чавун. Евтектичне перетворення проходило з утворенням аустеніто-графітних колоній та структури грубого конгломерату фаз – аустеніту та цементиту, невелика частина рідини кристалізувалася у вигляді ледебуриту. Графіт мав форму ШГф4, металева основа – вид Пт1 за ГОСТ 3443-87. Релаксацію напруги матеріалу валків-представників досліджували після термічного оброблення у спеціальному пристосуванні на зразках, що являли собою балку рівного опору. Рівень напруги задавали величиною деформації зразка. Встановлено, що найбільш сильний вплив на схильність валкового чавуну до релаксації залишкової напруги надавало модифікування його металевим магнієм. Усі досліджені модифікатори за силою впливу на релаксацію напруг у валкових чавунах розташовувалися в наступній послідовності: магній, лігатура на основі РЗМ, залізо-кремній-магнієва, залізо-кремній-магній-кальцієва та нікель-магній-церієва лігатури.

### **ТЕПЛОВЕ ОБРОБЛЕННЯ ВИЛИВКІВ ЯК РЕЗЕРВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ**

**Дамченко Д.О., керівник проф. Іванова Л.Х.**

**Український державний університет науки і технологій**

Метою роботи було дослідження впливу термічного оброблення на структуру та твердість чавунних виливків. Для виконання поставлених у роботі завдань використовували стандартні методи контролю, апробовані методи дослідження та сучасне обладнання для отримання чавунів, проведення диференціального термічного та металографічного аналізів, визначення фізико-механічних та експлуатаційних

властивостей. Проведено дослідження впливу швидкості охолодження в інтервалі 300...2,5 град/хв на характер одержуваної структури та властивості чавунів із кулястим графітом різного ступеня легованості. Побудовано термокінетичні діаграми для чавунів трьох типів. Встановлено, що швидкість охолодження у критичному інтервалі температур не менше 10...20 град/хв підвищує твердість чавунів на 4...12% порівняно з вихідною.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ ЧАВУНУ В ІНДУКЦІЙНІЙ ТИГЕЛЬНІЙ ПЕЧІ ВТГ-10-22-БО-В УХЛ4**

**Романченко Н.В., керівник доц. Хитько О.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Поширені для плавки чавуну електричні індукційні тигельні печі, які мають ряд переваг перед вагранками: виключення з процесу плавки дефіцитного коксу; забезпечення стабільного хімічного складу завдяки хорошему перемішуванню розплаву, а також великі можливості для встановлення оптимальних температур печі та контролю за процесом плавки; нижча собівартість одержуваного чавуну, оскільки замість чушкових доменних чавунів у шихті використовують сталевий брухт, чавунну і сталеву стружку розсипом (за умови, що вони не містять шкідливих домішок); можливість легко переходити від виробництва однієї марки чавуну до іншої; покращення санітарно-гігієнічних умов праці. Піч являє собою агрегат періодичної дії, що видає чавунний розплав через певні проміжки часу. Тому для безперервного заливання форм на потоковій лінії доводиться мати кілька печей, що одночасно працюють.

Найбільш якісний чавун виплавляють в індукційних печах промислової частоти, що забезпечують можливість отримання точного хімічного складу, високий перегрів металу, низький угар легуючих елементів. Вміст багатьох елементів у процесі плавки змінюється:

угар елементів значно відрізняється для різних металів;

угар елементів залежить від футерування печі;

угар елементів обумовлюється конструкцією та типом печі (індукційна, дугова, вагранка), процесами взаємодії зі шлаком, складом атмосфери тощо;

Як показали проведені дослідні плавки, лабораторна піч ВТГ-10-22-БО-УХЛ4 може використовуватися для проведення експериментів з швидкого розплавлення кольорових і чорних металів. Величини угару елементів знаходяться в допустимих межах.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАПОВНЮВАЧІВ ТА ЗВ'ЯЗУЮЧИХ УКРАЇНСЬКИХ РОДОВИЩ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПГС**

**Другов Д. С., керівник проф. Реп'ях С. І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Дослідження впливу наповнювачів та зв'язуючих українських родовищ на технологічні та фізико-механічні властивості ПГС (пісчано-глинисті суміші) є актуальною проблемою у науковій та промисловій сферах. ПГС з портландцементним бетоном, наприклад, широко використовується у ливарному виробництві як зв'язуючий матеріал. Наповнювачі та зв'язуючі є ключовими складовими ПГС, і їхні властивості мають важливе значення для якості та ефективності бетону.

Дослідження показують, що вибір наповнювачів та зв'язуючих може значно впливати на технологічні характеристики, такі як, робоча консистенція та час

затвердіння, а також на фізико-механічні властивості, такі як, міцність на стискання, розтягнення та зносостійкість.

Українські родовища можуть постачати різноманітні наповнювачі та зв'язуючі матеріали, такі як вапно, гіпс, каолін тощо. Дослідження їх впливу дозволяє підвищити якість та конкурентоспроможність українських ПГС на світовому ринку.

Результати таких досліджень можуть мати велике значення для практичного застосування у ливарному виробництві, дозволяючи покращити якість та довговічність сумішей, зменшити витрати на брак форм та збільшити економічну ефективність. Додаткові дослідження у цьому напрямку сприятимуть подальшому розвитку металургійної галузі України та підвищенню її конкурентоспроможності на світовому ринку.

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИВІВ ПОНАДАТМОСФЕРНОГО ТИСКУ**

**Адамчук М.С., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

При виробництві сталевих литва в об'ємних піщаних формах вихід придатного, в середньому, не перевищує 60% від маси металу, що заливається, що обумовлено, насамперед, необхідністю компенсації усадки і розміщення надливів над тепловими вузлами виливка. У зв'язку з високою вартістю матеріалів і енергоносіїв, проблема зменшення непродуктивних втрат металу, зокрема на живлячу систему при виробництві крупних сталевих виливків є однією з актуальних проблем ливарного виробництва. Використовуються різні технологічні методи зменшення непродуктивних втрат металу на надлив. Одним з таких способів є використання надливів під газовим тиском. Суть процесу полягає в тому, що в порожнині усадкової раковини в надлив створюють тиск, який забезпечує переміщення розплаву у виливок. Тиск, що створюється в порожнині надливу (0,3 - 0,5 МПа), сприяє поліпшенню живлення виливка і забезпечує економію рідкого сплаву на надлив. Ця технологія дозволяє значно зменшити брак по усадкових раковинах і рихлості. Застосування надливів під газовим тиском дозволяє збільшити вихід придатного до 87%. Крім того, застосування тиску підвищує механічні властивості металу виливків. Визначені технологічні параметри виготовлення виливка «Плита підштампова» масою 16,4 т з конструкцією форми надливу зі стрижнем газового тиску та з використанням цехової системи стисненого повітря. За результатами проведеного аналізу встановлений склад речовин, що можуть бути використані в якості заряду стрижня газового тиску, проведена оцінка їх фізико-технологічних властивостей. При використанні крейдо-графітової суміші в якості газотворюючої речовини для надливу цього масивного сталевих виливка з високою тривалістю твердіння (більше 130 годин), відбувається практично повна дисоціація заряду. Окрім того, суміш кабонату кальцію з графітом є найбільш дешевою газотворною речовиною. Тому використання суміші  $\text{CaCO}_3 + \text{C}$ , в даному випадку, є найбільш доцільним. Проведений розрахунок необхідної кількості газотворної речовини показав, що маса крейдо-графітової суміші складає 207 г. При цьому, створюваний тиск в порожнині знаходиться на рівні 3 атм. ( $\sim 0,3$  МПа).

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ФОРМ ЛВМ НА ЕТАПІ ЗАЛИВКИ**

**Пліска Д.М., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Аналіз даних, що характеризують вплив способу формування на охолодження керамічних форм після прогартування показав, що найбільш три-вала стабільність температури форми спостерігається при способах формування керамічних форм в зернистий опорний наповнювач і термостат. При чому, змінюючи товщину або матеріал теплоізоляційного шару термостата, можна регулювати тривалість термостатування керамічної форми в широких межах, і тим самим управляти процесами формування виливка і його якістю.

Проаналізовані дані про вплив керамічної кришки на ливниковій чаші на охолодження керамічної оболонки показують, що в результаті охолодження керамічної оболонки в термостаті без кришки на ливниковій чаші протягом 140 с і більше, внутрішні напруги в оболонці призводять до руйнування її та уходу металу при заливці форм. Встановлено, що при формуванні в термостаті достатня тривалість прогартування керамічних оболонок при 950...980 °С становить близько 1 години. В результаті аналізу даних про вплив термостатування оболонки на механічні властивості сталі 08X12H7МЛ показано, що механічні властивості сталі знаходяться на одному рівні незалежно від способу формування керамічних оболонок і відповідають вимогам ТУ. Тому у виробничих умовах зразки на механічні властивості для виливків, що одержуються в термостатах можна заливати в незаформовані керамічні оболонки. В ході аналізу експериментальних даних про вплив газового тиску на щільність виливків із сталі 08X12H7МЛ встановлено, що надлив газового тиску ефективніший, ніж надливи атмосферного тиску з утепленням і без утеплення. Причому, незалежно від способу утеплення надливи атмосферного тиску.

## **АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РАФІНУВАННЯ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ AL-SI**

**Погорілий Д.А., керівник доц. Доценко Ю.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Якість литих виробів починає формуватися на стадії плавки й завершується в процесі формування алюмінієвого сплаву усередині прес-форми машини для лиття під тиском.

З теорії плавки легких сплавів відомо, що для одержання якісного алюмінієвого сплаву варто керуватися наступними технологічними прийомами:

- застосовувати тиглі, які не взаємодіють з розплавом;
- використовувати первинні шихтові матеріали й припустиму кількість відходів (повернення, вторинні сплави й ін.);
- проводити рафінування розплавів різними хімічними реагентами (хлористими солями, фтористими речовинами, флюсами й ін.) або іншими методами для видалення неметалевих включень: водню, окислів  $Al_2O_3$  й ін.;
- вести плавку без високого перегріву, контролювати вміст газів в рідкому й твердому стані.

Ефективність різних методів (адсорбційних й неадсорбційних) рафінування алюмінієвих сплавів залежить від засобу, що рафінує, технології введення його в розплав (температура розплаву, часу обробки, способів введення, маса речовини, що

рафінує), і так само від хімічного складу сплаву, насиченості його різними видами неметалевих включень, кількістю переплаву в шихті й обсягу тигля печі.

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ ІЗ ВИСОКОМАРГАНЦОВИСТОЇ СТАЛІ**

**Чорний М.В., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Для підвищення експлуатаційних властивостей виливків зі сталі 110Г13Л досліджували вплив комплексного модифікування сталі модифікаторами із РЗМ і магнієм на структуроутворення й зносостійкість виливків. Статистичний аналіз впливу хімсоставу на ливарні властивості сталі і її зносостійкість дозволив визначити наступний її оптимальний хімсостав, %: 0,9...1,2 С; 12...13 Мн; 0,3...0,65 Si; 0,6 Cu; 1,0 Cr; <0,08 Р; 0,05...0,15 Ti; 0,05...0,15 V; <0,05 Al; <0,02 S. Сталь виплавляли в дуговій печі постійного струму з основною футеровкою. Температура металу в печі перед випуском - 1580...1600°C. З печі сталь випускали в попередньо нагрітій до 700...800°C розливальній ківш. Сталь розкислювали в 40-кг ковші 0,07...0,1% Al. Модифікування лігатурою ФС30РЗМ30 проводили на струмінь металу при заповненні ковша. Обробляли сталь модифікатором ФСМг7 у ливарній формі його засипанням у реакційну камеру ливникової системи. Температура заливання форм - 1420...1450°C.

На підставі результатів досліджень можна зробити наступні висновки:

- подвійне модифікування 0,1% ФС30РЗМ30 в ковші й 0,2...0,3% ФСМг7 у формі приводить до подрібнення литого зерна. ТО додатково подрібнюється зерно. Загальний ефект здрібнювання зерна - 2...3 бала. При відсутності модифікування при ТО спостерігається деякий ріст зерна;

- при збільшенні кількості введеної лігатури, ФСМг7>0,3% підвищується кількість неметалевих включень, збільшується площа центральної междендритної рихлоти й знижується щільність металу;

- введення подвійного модифікатора 0,1% ФС30РЗМ30 й 0,2...0,3% ФСМг7 підвищує зносостійкість сталі.

Встановлено наступну оптимальну технологію модифікування сталі 110Г13Л:

- модифікатор ФС30РЗМ30 вводиться в ківш, а ФСМг7 - у ливарну форму;

- оптимальними є: 0,1% ФС30РЗМ30 й 0,2...0,3% ФСМг7;

- сталь треба модифікувати при 1420... 1450°C.

Виробнича перевірка цієї технології показала її високу ефективність на різних виливках, у тому числі працюючих при низьких температурах.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКОДИСПЕРСНОГО ПІРОВОУГЛЕЦЮ ТА ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОРМУВАЛЬНИХ ТА СТРИЖНЬОВИХ СУМІШЕЙ**

**Ухін Я. І., керівник доц. Осипенко І. О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Дослідження впливу високодисперсного піровуглецю на технологічні властивості формувальних та стрижньових сумішей є актуальною темою в сучасній промисловості. Вискодисперсний піровуглець, як додаток до сумішей, може значно покращити їх технічні характеристики. Піровуглець відомий своїми властивостями підвищення міцності, стійкості до зносу та термостійкості, що робить його привабливим для використання у ливарному виробництві.

Дослідження спрямовані на визначення оптимальних пропорцій піровуглецю у формувальних та стрижневих сумішах, що використовуються для виробництва стрижнів. Аналізуються властивості формувальних сумішей за різних концентрацій піровуглецю для з'ясування оптимального вмісту у складі сумішей.

Високодисперсний піровуглець може впливати на консистенцію сумішей, їх пластичність та адгезію до форм. Дослідження включають аналіз фізико-хімічних властивостей сумішей перед та після додавання піровуглецю, а також оцінку технологічних властивостей отриманих сумішей.

Результати таких досліджень мають практичне значення для виробників, оскільки дозволяють оптимізувати процес виробництва, знижуючи витрати та підвищуючи якість продукції. Використання високодисперсного піровуглецю може призвести до покращення конкурентоспроможності продукції на ринку завдяки підвищенню технологічних властивостей формувальних та стрижневих сумішей.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА СКЛАДУ ВОДНИХ ПРОТИПРИГАРНИХ ФАРБ НА ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

**Черевань Д. В., керівник доц. Осипенко І. О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Дослідження впливу технологічних факторів та складу водних протипригарних фарб на їх технологічні та фізико-механічні властивості є актуальною проблемою у сучасній ливарній промисловості. Технологічні параметри, такі як температура нанесення, швидкість змішування і склад водних фарб, можуть значно впливати на якість фарб. Розуміння цих впливів дозволить оптимізувати процес нанесення фарби та покращити якість фінального продукту.

Дослідження включатиме аналіз різних складів водних протипригарних фарб, визначення їх хімічного складу та властивостей, таких як в'язкість, стійкість до температури та адгезія до поверхні. Технологічні фактори, такі як методи нанесення, час сушіння та температура, також будуть об'єктом дослідження.

Результати досліджень допоможуть вдосконалити процес виробництва водних протипригарних фарб, зменшити витрати сировини та енергії, а також покращити технологічні та фізико-механічні властивості фарб. Це може мати значний вплив на якість виливків отриманих у піщано-глинистих формах.

### **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING SAND-RESIN MOLDS WITH REDUCED BINDER CONTENT USING STATIC PRESSURE**

**V. Kulikov, Sh. Baibekov, J. Zholdubaeva**

**Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Kazakhstan**

The quality requirements of modern casting production demand the adoption of new or the enhancement of existing casting technologies. For instance, currently, castings in sand-resin molds are not commonly produced in Kazakhstan. Despite the superior quality of castings and the numerous advantages of sand-resin molds (such as strength and durability), this method remains underutilized in the industry due to its relatively high cost resulting from the single-use of expensive resin [1]. Moreover, its application necessitates strict adherence to hygiene standards in the workplace due to the emission of phenol and ammonia during resin decomposition. Consequently, research aimed at improving the technological process of manufacturing sand-resin molds, particularly in achieving high strength and density while

reducing the content of costly binders (phenolic powder binder) in the mixtures without compromising other parameters, is of utmost importance.

In addition to the technological parameters of mold production, the composition of the mixture is another crucial factor. Traditionally, the main components of molds are filler (quartz sand) and binder (resin), supplemented by additives such as kerosene and industrial alcohol [2].

One approach to achieving a stronger shell involves pressing the mixture while simultaneously subjecting it to thermal treatment. However, studies have revealed that significant strength is attained through shell variation in pressure. Given that the resin undergoes several state changes (solid-soft-solid) during heating (molding), it is rational to adjust the pressure accordingly. Previous research has determined that utilizing a base pressure of 0.25 MPa, increasing it to 0.30 MPa when the resin softens, and subsequently decreasing it slightly during the formation of a solid shell layer contributes to mold strengthening by enhancing adhesion through more uniform coating of the filler with resin and dense packing of sand grains [3].

Enhancing the shell strength will enable a reduction in binder consumption in the mixture, thus lowering the manufacturing costs of molds and, consequently, castings.

#### **References:**

1. Kulikov V.Yu., Eremin E.N., Kovalyova T.V., Kwon S.S., Isagulova D.A. Development of sand-resin mixture composition for molding under variable pressing conditions // Foundry Production, Foundry Publishing House, Moscow, 2019, No. 4.
2. Production of castings by casting in sand-resin molds: Monograph / A.Z. Isagulov. V.Yu. Kulikov, E.P. Shcherbakova; Karaganda State Technical University. Karaganda: Karaganda State Technical University, 2021. 174 p.
3. Issagulov A., Kulikov V., Isagulova D., Shcherbakova E., Kuszhanova A. Developing technological process of obtaining quality casts // Metallurgija. – 2014. – Vol. 53. – No. 4. – P. 601-604.

## **МЕХАНІЧНА ОБРОБКА**

### *ПІДСЕКЦІЯ «ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»*

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ РОЗРІЗНОГО КАЛІБРУ НА ФОРМОЗМІНУ РОЗКАТУ ПРИ ГАРЯЧІЙ ПРОКАТЦІ**

**Крук С. В., керівник доц. Коноводов Д.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Основою технології виробництва сортових профілів є деформація металу в валках з різними калібрами. Визначення форми та розмірів калібрів складає основу калібрування валків. При розробці калібрування необхідно враховувати особливості деформації металу в калібрах, щоб забезпечити отримання необхідної якості продукції та техніко-економічні показники виробництва: продуктивність устаткування, витрати інструменту та заготовки, витрати енергії та інші.

Швелери відносяться до профілів загального призначення та мають широке застосування у будівництві при виготовленні різноманітних конструкцій. Відомі різні способи прокатки швелерів, які мають певні переваги та недоліки. Спільним для багатьох способів є застосування розрізного калібру. Вірний вибір конструкції та розташування розрізного калібру суттєво впливає на отримання профілю заданих

розмірів. Для прокатки швелерів малих розмірів застосовуються закриті розрізні калібри, а для прокатки швелерів середніх та крупних розмірів – відкриті. Закриті розрізні калібри відрізняються від відкритих формою та висотою розрізного клину, а також величиною нахилу бокових стінок. Геометрія калібру визначає величину розширення металу при прокатці, яке складає 2-12 мм для різних калібрів. В залежності від розмірів швелера приймають кут розкриття розрізного клину для закритих калібрів ( $40-60^\circ$ ) та нахил бічних стінок калібру.

Велика кількість факторів геометрії калібрів, які впливають на процес прокатки та формування профілю, доводить доцільність проведення теоретичних досліджень процесу деформації. У такому випадку, гарним інструментом для дослідження є саме математичне моделювання за допомогою сучасних комп'ютерних програм. При цьому вихідні дані повинні в повній мірі відповідати реальним умовам виробництва.

В даній роботі, у програмі QForm, створена математична модель прокатки в розрізному калібрі. З використанням математичної моделі виконано дослідження формозміни металу при прокатці швелера №14 на середньосортному стані 550. Проаналізовано вплив параметрів геометрії розрізного калібру на формозміну металу при формуванні стінки та фланців в швелерних калібрах.

## **ВИРОБНИЦТВО ЕКСТРУЗІЄЮ БІМЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОБУДІВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Ревякін Д.О., керівник доц. Кузьміна О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Отримання біметалевих виробів за допомогою процесів обробки металів тиском є сучасним напрямом у науці і технології. Досить активно розробляються теорія і технологія отримання таких виробів за допомогою процесів прокатки, але за комплексом деформаційних параметрів перспективною виглядає інший процес обробки металів тиском – екструзія. Традиційно процес екструзії використовується для отримання довгомірних профілів, однак при виробництві біметалевих заготовок виникають проблеми, пов'язані з різними властивостями з'єднаних профілів, і ці проблеми тим більші, чим довше отримуваний профіль. Тому доцільно розглядати цей процес на відносно невеликих довжинах, які можуть бути використані для подальшого використання наприклад у машинобудуванні. Для визначення раціональних схем виробництва біметалевих заготовок вказаного призначення необхідно дослідити процес екструзії біметалевих композицій на основі алюмінію; визначити спосіб екструзії, проаналізувати вплив основних параметрів деформації на характеристики якості виробу. Огляд сучасної літератури на дану тематику показав, що найбільш досліджуваними є сполучення у біметалевих композиціях алюмінієвих сплавів з мідними та магнієвими сплавами, а також алюмінієвих, мідних та магнієвих сплавів зі сталлю.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ РІЗНОТОВЩИННОСТІ ТРУБ ПРИ ПРОКАТЦІ В ТРИВАЛКОВИХ КЛІТЯХ БЕЗПЕРЕРВНОГО ОПРАВОЧНОГО СТАНУ ТА СПОСОБИ ЇЇ ЗНИЖЕННЯ**

**Кондратьєв А. С., керівник проф. Фролов Я. В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Величина поперечної різнотовщинності труб після безперервного оправочного стану, а також можливість її коригування після розміщення клітей на постаменті багато в чому визначається конструктивними особливостями цих клітей. Так, в безперервних

станах, які оснащені двохвалковими клітьми існує принаймні потенційна можливість регулювання положення валків в двох напрямках відносно повздовжньої осі прокатки (оправки). В цей же час, конструкції тривалкових клітей, що використовуються на поширених в світі станах типу PQF та FQM, в зібраному стані, можуть забезпечити переміщення робочих валків лише в одному напрямі – до / від вісі прокатки (оправки), порушуючи при цьому симетрію калібрів, яка встановлювалась на стенді. Враховуючи вищезазначене, запропоновано спосіб коригування поперечної різнотовщинності труб в тривалкових клітьх безперервному стану без зняття їх з постаменту. Цей спосіб базується на аналізі зусиль, які діють на валки в клітьх стану під час прокатки та дозволяє визначити величини необхідних змін положення робочих валків в кліті, а також спрогнозувати ступінь порушення симетрії калібрів.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ НА ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ПРОЦЕСУ**

**Кучин А. Б., керівник доц. Самсоненко А. А.**

**Український державний університет науки і технологій**

Холодна пільгерна прокатка є однією з ключових технологій в металургійній промисловості, яка відіграє вирішальну роль у виготовленні високоякісних сталевих виробів для різних галузей промисловості. Для проведення дослідження впливу параметрів, таких як межа міцності, тертя та теплопередача використовувалось програмне забезпечення QForm UK. Технологічний процес в контексті роботи в даній програмі розглядається як низка технологічних операцій, де заготовка та інструмент можуть бути передані між операціями зі спадковістю всіх розрахункових полів.

Дослідження і моделювання процесу холодної пільгерної прокатки труб допомагають зрозуміти анізотропію матеріалу, враховувати вплив температури, накопиченої деформації та інших факторів на силу прокатки і є важливими для підвищення ефективності та якості виробництва труб і металевих виробів.

Дослідження впливу режиму деформацій на температурний режим прокатки є важливою частиною металургійних процесів, оскільки вони визначають параметри прокатки, включаючи температуру, швидкість деформації та інші фактори, що впливають на якість і властивості металу чи труб.

Побудова математичної моделі процесу холодної пільгерної прокатки в програмі QForm UK вимагає визначення граничних умов, включаючи параметри деформуючого інструменту, такі як конусність розгортки, ширина калібру та розподіл деформації на валках.

Для моделювання було використано два різних матеріали з різними реологічними характеристиками, що дозволило досліджувати вплив матеріалу на процес деформації. Також було досліджено вплив умов теплопередачі та умов тертя на контакт заготовки з інструментом. За результатами моделювання по плану повнофакторного експерименту  $2^3$  було отримано наступне рівняння регресії:

$$Y=399,74-0,00385 \times X_1-0,31883 \times X_2+41,95 \times X_3 \quad (1)$$

На основі проведених аналізів основних ефектів, взаємодії між факторами та лінійної регресії, можна зробити кілька ключових висновків (рис. 1): розрахунок основних ефектів факторів показав, що  $X_1$  (теплопередача) та  $X_2$  (межа міцності) мають негативний вплив на результат, тоді як  $X_3$  (показник тертя) демонструє позитивний вплив. Це означає, що збільшення  $X_1$  (теплопередачі) та  $X_2$  (межі міцності) призводить до зниження результату, тобто зменшення температури процесу, тоді як збільшення  $X_3$  (показника тертя) сприяє його підвищенню.

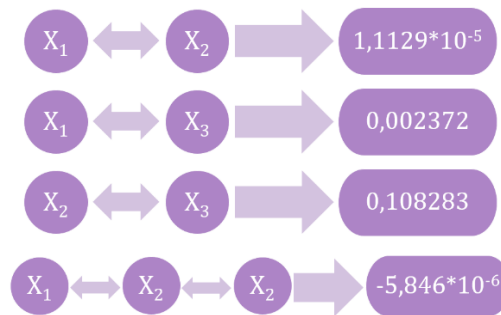


Рисунок 1 - Взаємодія між факторами рівняння лінійної регресії

Аналіз лінійної регресії надав додаткове розуміння впливу факторів, підтвердивши і кількісно оцінивши їхній вплив на температуру заготовки. Цей метод аналізу дозволив також робити прогнози результату на основі конкретних значень факторів.

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛУ ПРИ ГАРЯЧІЙ ПРОКАТЦІ ТРУБ В ТРЬОХВАЛКОВОМУ КАЛІБРІ

Дерябкін М. О., керівники: доц. Самсоненко А. А., доц. Коноводов Д.В.  
Український державний університет науки і технологій

Виробництво труб є однією з найбільш важливих галузей України. Багато труб використовують нафтова та газова промисловість. Крім цього важливими споживачами є машинобудівельна, автомобільна, тракторна, суднобудівельна, авіаційна, хімічна промисловості та інші галузі народного господарства. Найбільш продуктивними агрегатами для виробництва труб є агрегати з безперервним станом, де поздовжня прокатка здійснюється на довгій циліндричній плаваючій, утриманій або частково утриманій оправці в багатоклітьовому стані. Одною із сучасних схем безперервного стану для прокатки сталевих труб є стан PQF, який містить трьохвалкові робочі кліті (з англійської - Premium Quality Finishing).

Поздовжня оправна прокатка труб, у тому числі і тривалкових калібрах, має ряд особливостей. У зв'язку з наявністю в калібрах випуску, обтиск стінки гільзи є нерівномірним по перерізу. Найбільший обтиск стінки відбувається у круглій частині калібру, найменший – у випусках. У зв'язку з цим витяжка об'ємів металу по периметру труби різна. Проте вся труба отримує деяку середню витяжку, відмінну від максимальної у вершині калібру та мінімальної у випусках. В результаті цього, вздовж центральних ділянок гільзи виникають стискаючі напруження, що перешкоджають отриманню бажаної витяжки, а на ділянках біля випусків, що подовжуються під впливом центральних частин, з'являються напруження розтягання. Вочевидь, що напруженодеформований стан металу в процесі прокатки у тривалковому калібрі істотно залежить від різних технологічних параметрів, у тому числі від геометрії калібрів, величини деформації, температури прокатки, матеріалу труби, що прокочується, швидкості переміщення оправки та інш.

У програмному комплексі QForm UK створено модель прокатки гільзи розміром ( $D_f \times S_f$ )  $200 \times 13$  мм та  $200 \times 11$  мм на безперервному стані PQF. З використанням моделі, виконано теоретичне дослідження впливу початкової товщини стінки гільзи, коефіцієнту тертя між оправкою та гільзою, швидкості переміщення оправки на поздовжні напруження та товщину стінки у випуску калібру другої кліті. Дослідження проведено за методикою повнофакторного експерименту  $2^3$ .

Розглянуто розподіл поздовжніх напружень по перерізу гільзи в зоні деформації 2-ї кліті. Встановлено, що для розглянутих умов моделювання, зменшення швидкості руху оправки призводить до підвищення стискаючих напружень у вершині калібру. Найбільш ця залежність спостерігається для прокатки гільзи з товщиною стінки 13 мм. Збільшення коефіцієнта тертя між оправкою та гільзою, декілька підвищує величину стискаючих напружень у вершині калібру, що кореспондується з існуючими уявленнями про процес прокатки.

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРИ ПРОКАТЦІ ШВЕЛЕРНОГО ПРОФІЛЮ №16**

**Леміжанський Т.Е., Литвиненко С.В., керівник доц. Ремез О. А.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Проведено моделювання у програмі QForm, в якості вихідного матеріалу для проведення дослідження обраний швелер №16 висоту профілю 160 мм, ширину полиці близько 65 мм та товщину стінки від 4,5 до 10 мм з металу сталь 15.

Для моделювання прийняті наступні данні: використовується 1 кліть 670 та 8 клітей 630 (попередньо напружені). Нахил внутрішніх граней фланців приймаємо 8% (допускається <12%). Число фасонних калібрів  $n$  для прокатки швелеру №16 приймаємо  $n=8$ ; температура першого проходу: 1050; Коефіцієнт тертя між заготовкою та інструментом: Закон тертя – Леванов; Фактор тертя – постійна величина, яка дорівнює 0,4; коефіцієнт Леванова дорівнює 1,25; коефіцієнт теплопередачі – 5000 Вт/м<sup>2</sup>К; 3. Матеріал інструменту (валків): 4Х5МФС; Температура інструменту: 60; Теплообмін з заготовкою: простий; Температура навколишнього середовища: повітря 20.

Для подальшого аналізу розрахунків, економічності енергоресурсів та розробки оптимального режиму прокатки, були вивчені параметри сили та моменту прокатки. Виконано порівняльний аналіз цих показників, отриманих методом скінченних елементів, із розрахунковими значеннями з літературних джерел та результатами розрахунків.

Отримані значення сил та моменту прокатки по проходах, розбіг у порівняльних значеннях сили прокатки свідчить про точність сформульованої задачі та реалістичність умов контакту металу з валком, та заповнення калібру металом для виконання геометрії профілю.

Після аналізу проведених досліджень виявлено ряд ключових аспектів, які вимагають подальшого ретельного вивчення та корекції з метою досягнення вищого рівня достовірності у отриманих результатів моделювання прокатки. Отримані висновки вказують на те, що, незважаючи на значний внесок в розуміння процесів прокатки, існують аспекти, які залишаються відкритими для подальшого наукового дослідження та удосконалення методології.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЕЛИЧИНИ ПРОГИНУ СТОРІН КВАДРАТНОЇ ТРУБИ ВІД ТОНКОСТІННОСТІ ЗАГОТОВКИ**

**Польща О.С., керівник доц. Бояркін В.В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Сталі, які леговані манганом та бором, наразі все частіше використовують в машинобудуванні. Застосування профільних труб з таких сталей дає можливість знизити витрати металу, підвищити продуктивність виробництва та ін. Квадратні труби мають велику в порівнянні з круглими несучу спроможність на одиницю маси,

що дозволяє отримати значну економію металу, знизити вагу заготовок, а також поліпшити умови зборки машин і конструкцій. Теоретичними дослідженнями виявлено, що під час профілювання можливе створення увігнутості сторін, яке є результатом поступової зміни круглої форми заготовки під впливом прокатних валків.

Для дослідження увігнутості сторін квадратної труби в залежності від геометричних розмірів заготовки і розмірів чотирьохвалкового калібру використовувалась програма QForm UK. Моделювалось отримання квадратної труби зі співвідношенням радіуса закруглення в кутах профіля до товщини стінки, який дорівнював 1,5. Розрахунки проводились по чверті поперечного перерізу заготовки.

Для розрахунків були використані реологічні властивості сталі 19MnB4. Сили тертя між заготовкою та інструментом при прокатці розраховувались по моделі Леванова, також був заданий коефіцієнт Леванова зі значенням 1,25 і фактор тертя 0,5, який відповідає умовам прокатки без змащення.

Зовнішній діаметр заготовки – 20 мм, товщина стінки дорівнювала 0,5 мм і 1 мм. Для кожного значення тонкостінності та співвідношення радіуса заготовки до радіуса рівчака калібру отримувались дані щодо значення прогину. Швидкість профілювання 40 м/с. Початкова температура заготовки і валків – 20 °С, температура навколишнього середовища – 20 °С. Розміри калібру при профілюванні проштовхуванням через неприводну чотирьохвалкову кліть визначались за методиками, наведеними в роботах В.М. Пінчука.

Результати моделювання представлено на рисунку 1.

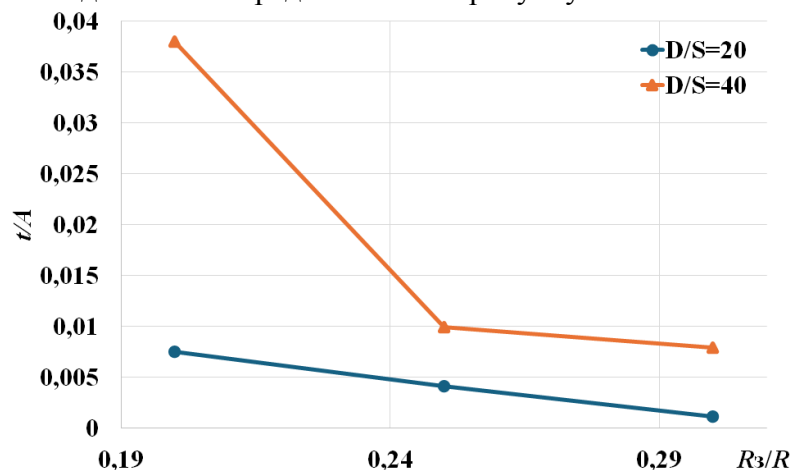


Рисунок 1 – Залежність величини увігнутості сторони квадратної труби  $t$  – прогин сторони,  $A$  – розмір сторони ТРУБИ,  $R_z$ – радіус заготовки,  $R$  – радіус рівчака валка.

## OBTAINING A GRADIENT ULTRAFINE-GRAINED STRUCTURE IN 5KHV2S STEEL USING RADIAL-SHEAR ROLLING

**Pischikov V.E., head, prof. Lezhnev S.N.**  
**Rudny Industrial University**

Currently, a number of studies to identify the effect of radial-shear rolling (RSR) on the microstructure evolution and the mechanical properties change of bars of various ferrous and non-ferrous metals have been conducted. These studies confirm that this deformation method is one of the main methods of gradient modification of long-length products of ferrous and non-ferrous metals and alloys. But very few works are devoted to the investigation of the effect of RSR on changes in the structure and properties of tool alloy steels.

The main purpose of this work is to study the RSR effect on the possible gradient modification of tool alloy steel microstructure.

To achieve this goal, a laboratory experiment using the SVP-08 radial-shear rolling mill was conducted (Fig. 1). 5KHV2S steel in the form of rods with a diameter of 36 mm and a length of 200 mm after homogenizing annealing was selected as the material for the study.



Figure 1 - SVP-08 radial-shear rolling mill

The technology of rolling on a radial-shear rolling mill was as follows. A rod with an initial diameter of 36 mm was heated to a temperature of 1100°C and held at this temperature before deformation at the SVP-08 radial-shear rolling mill. After that, these bars were deformed at the RSR mill to a diameter of 18 mm in 6 passes according to the scheme  $\varnothing 36 \rightarrow \varnothing 33 \rightarrow \varnothing 30 \rightarrow \varnothing 27 \rightarrow \varnothing 24 \rightarrow \varnothing 21 \rightarrow \varnothing 18$  mm with a step of absolute compression in diameter per pass equal to 3.0 mm. After the 3rd pass, the rods were sent back to the furnace for heating.

The metallographic analysis showed that the initial microstructure of 5KHV2S steel rods subjected to homogenizing annealing represents a distribution of perlite of about 63% and ferrite of about 37%. After the RSR, the initial grain size of 5KHV2S steel decreased significantly. The microstructure of the peripheral zone of the rods is mainly represented by equiaxed ultrafine-grained grains of about 1.8-3.2 microns in size. In the central zone of the rods being formed, grains elongated in the direction of rolling are observed with sizes ranging from  $6 \div 10,5 \times 1,1 \div 1,9$  microns. The conducted studies have proved the possibility of obtaining a gradient ultrafine-grained structure in 5KHV2S steel when deforming it on an RSR mill.

#### *ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»*

##### **АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ТРУБ ПРИ БЕЗОПРАВОЧНОМУ ВОЛОЧІННІ**

**Тишкевич Д.М., Децюра О.Л., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Проблема підвищення точності холоднотягнутих труб має важливе значення в Україні. Від точності труб залежать питома витрата металу, собівартість, надійність устаткування і т. п. Сортамент труб загального сортаменту та підвищеної якості, який проаналізовано в роботі, виготовляється на різних трубних підприємствах України.

З метою оцінки точності труб після безоправочного волочіння були спроектовані і досліджені технологічні схеми виробництва труб з вуглецевих та нержавіючих марок сталей. За розробленими схемами за технологією протягалися труби, від кожної партії відбиралися зразки і проводилися виміри товщини стінки в рівновіддалених точках поперечного перерізу труби. Для кожного проходу розраховані абсолютна  $\Delta t$  і відносна різностінність  $\delta_0 = \Delta t_0 / t_{0cp}$  заготовки і готової труби  $\delta = \Delta t / t_{cp}$ , коефіцієнт обтиску по діаметру  $D_0/D$ , ступінь тонкостінності  $t_0/D_0$ , ступінь попередньої деформації  $\varepsilon$  і коефіцієнт зміни різностінності  $k = \delta / \delta_0$ .

За результатами вимірювань виконаний кореляційно-регресійний аналіз, визначені фактори, що впливають на зміну різностінності і побудовані регресійні моделі для наступного ряду сталей: 10, 20, 20A, 20Г, 08Х22Н6Т, ХН77ТЮР.

Отримані регресійні моделі є адекватними і зі значимими коефіцієнтами.

Деякі висновки при аналізі отриманих залежностей можна зробити: чим пластичніше метал, тим менше зміна різностінності. Менш пластичні стали мають більшу тенденцію до зміни різностінності. При малих значеннях  $\delta_0$  коефіцієнт  $k$  досягає величини 3,5, тобто різностінність збільшується в 3,5 рази, а при великих значеннях  $\delta_0$  інтенсивніше її виправлення. Інтенсивність виправлення ( $k < 1$ ) залежить від коефіцієнта обтиску по діаметру  $D_0/D$ : чим більше значення  $D_0/D$ , тим інтенсивніше виправлення різностінності. Тобто з метою виправлення різностінності ( $\delta_0 > 4\%$ ) при безоправочном волочінні необхідно збільшувати коефіцієнт витяжки.

Результати досліджень впроваджені в розрахунки маршрутів та технологічних карт виробництва з метою прогнозування різностінності готових труб при волочінні та запровадженню скорочення витрат металу на виробництві.

Результати аналізу доповнили програмне забезпечення визначення розмірів заготовки при проектування маршрутів волочіння холоднодеформованих труб безоправочним волочінням.

## **РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ДОВІДНИКА З ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНКИ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ НА СТАНАХ ХПТ НА БАЗІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ**

**Бандурко Є.В., Барабаш В.І., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Ніколаєнко Ю.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Питання організації та планування робіт цеху завжди є актуальною проблемою, тому що це пов'язано з раціональним завантаженням обладнання, ресурсів, економії часу та витрат. Помічником може стати електронний довідник, який пов'язує питання організації робіт, розподіл навантаження з питаннями технологічного проектування, тобто з технологією, технологічними інструкціями та розрахунками. В роботах розроблені комп'ютерні програми розрахунків: маршрутів виробництва холоднодеформованих нержавіючих та титанових труб, таблиці прокатки для станів ХПТ обраного сортаменту, побудови технологічної карти виробництва, калібрування інструменту стана, енергосилових параметрів прокатки, класифікатора дефектів при прокатці.

В роботах розглядаються приклади побудови електронного довідника для виробництва труб на ділянці прокатки на станах ХПТ.

В програмному середовищі - MS Project спроектований проект повного циклу виробництва труб обраного сортаменту від отримання заготовки до відвантаження готової продукції. До кожної задачі проекту приєднані різним чином (примітки, гіперпосилання) відповідні частини технологічних інструкцій, розрахунки, креслення.

Таким чином користувач програми-довідника має план виробництва, навантаження на ресурси, відповідальних за операцію, час виконання технологічних операцій, гіперпосилання на відповідну частину технологічної інструкції (ТІ) цеху, креслення або розрахунки.

Розроблений довідник має стати корисним як до співробітникам цеху, так і для студентів при вивченні технології виробництва холоднодеформованих труб.

### **ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПРОШИВНИХ ОПРАВОК**

**Дехтяренко Д.Є., Михайленко О.Л., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

З розвитком техніки підвищуються вимоги до якості труб, яка залежить від вихідної гільзи (чим менше розходження в товщині стінок гільзи, тим рівномірніше буде розподіл товщини в готових трубах).

Основним технологічним інструментом при виробництві гільз є оправка прошивного стана. На їх зносостійкість впливають наступні чинники: хімічний склад матеріалу і режим термообробки оправок, їх калібрування, марка сталі, якість нагріву заготовок, режими прокатки і умови охолодження оправок. На стійкість оправок також впливає розмір заготовок, що прошиваються. Збільшення довжини гільзи веде до збільшення часу контакту оправки з гарячим металом, що природно підвищує її температуру, тим самим знижуючи стійкість. Стійкість оправок підвищується при збільшенні кута подачі, тобто скороченні часу прокатки. Для збільшення стійкості оправок прошивного стана необхідно забезпечити температурний режим їх роботи, що запобігає перегрів. З цією метою оправки роблять водоохолоджуваними.

Технологія виробництва безшовних труб, конструкції оправок, їх матеріал і способи підвищення зносостійкості прошивних оправок постійно удосконалюються і розвиваються. Для кожного конкретного випадку необхідно вибирати індивідуальні рішення з урахуванням особливостей прошивного стана і розмірно-марочного сортаменту заготовок, що прошиваються.

### **АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАРГАНЦЕВОГО АГЛОМЕРАТУ ПІДВИЩЕНОЇ ОСНОВНОСТІ**

**Гусєв В.В., Рашинський В.М., Павлов В.М., керівник доц. Водін І.Й.**

**Український державний університет науки і технологій**

Кафедрою електрометалургії спільно з АТ "НЗФ" досліджено та розроблено технологію отримання марганцевого агломерату з підвищеною температурою плавлення яка задовольняє вимогам електроплавки марганцевих феросплавів. Реалізацію поставленого завдання було здійснено шляхом використання та розробки виробництва частково офлюсованого (вапняком) марганцевого агломерату [1,2].

Дослідження проводили на високотемпературному мікроскопі. Проби зразків агломерату на платиновій підкладці поміщали в нагрівальну електропіч, герметично закупорювали і повільно (швидкістю 10 град/хв) нагрівали в струмі аргону до розплавлення з автоматичною реєстрацією температури [2].

Отримані результати свідчать, що з підвищенням основності агломерату з 0,29 до 0,58 температура початку його плавлення збільшується з 1180 до 1270°C.

Таким чином встановлено, що часткове офлюсування вапняком- черепашиком марганцевого агломерату, дозволяє підвищити температуру плавлення та питомий

електроопір марганцевого агломерату. Це покращує кінетичні умови протікання відновлювальних процесів у електропечі, а також стабілізує електричні режими ведення плавки феромарганцю. Крім того, безфлюсова плавка феромарганцю на частково офлюсованому агломераті сприяє підвищенню температури плавлення також і передільного шлаку, що використовується в подальшому при виробництві низькофосфористих марок феросилікомарганцю[2].

#### **Перелік посилань**

1. Гасик М. И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов: Учебник для вузов.-М.:Металлургия 1988.-784с.
2. Никопольские ферросплавы/ М.И.Гасик, В.С.Куцин, Е.В.Лапин и др.- Днепропетровск: «Системные технологии», 2004.-272с.

## **МАШИНОБУДУВАННЯ**

### *ПІДСЕКЦІЯ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»*

#### **ОСНОВИ ПЕРЕВІРОЧНОГО РОЗРАХУНКУ КОЖУХА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**

**Мозолевський Д.Д., керівник проф. Білодіденко С.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Розрахунок металоконструкцій кожуху доменної печі проводиться за граничним станом в 2 етапи:

- розрахунок при проектуванні футеровки печі;
- розрахунок на випадок часткового прогорання футеровки печі.

При розрахунку враховуються впливи температури, тиску газу, шихти, шлаку і рідкого заліза. В основі розрахунку лежить наступна комбінація навантажень:

- базова, що включає в себе постійні і тривалі тимчасові навантаження, які регулярно діють в процесі експлуатації конструкції;
- додаткові - до вищевказаних навантажень додаються нерегулярні короточасні навантаження;
- випадкові - з додаванням навантажень аварійного характеру (вибухи), або навантаження, що з'являються внаслідок неприпустимих порушень режимів роботи (перегорання кладки холодильника, відрив шихти, заклинювання конусів і т.д.). Динамічна дія враховується шляхом множення значень навантаження на динамічний коефіцієнт.

Напруженнями від власної ваги конструкцій нехтують через їх незначність в порівнянні з напруженнями від тиску кладки, газу, продуктів плавки. Для розрахунку корпус доменної печі розбивається на окремі секції. Нормативні температури металу корпусу доменної печі такі: 100 °С для комбінації основного навантаження, 120 °С для додаткового навантаження, 150 °С для комбінації з випадковим навантаженням.

Розрахунок терміну служби кожуху проводиться для окремих ділянок печі з урахуванням наступних факторів:

- виявлені дефекти і пошкодження;
- фактична товщина кожуху;
- швидкість корозії металу;
- швидкість пошкодження металу, що оцінюється швидкістю окрихкості або зниження опору руйнуванню; швидкість поширення поверхневих тріщин.

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У  
ГІДРОСИСТЕМІ ЗАТИСКАННЯ ШТАБИ СЕГМЕНТНОГО РОЗМОТУВАЧА**  
Щербінін М.О., керівник доц. Мазур І.А.  
Український державний університет науки і технологій

У роботі запропоновано математичну модель гідросистеми механізму затискання сегментного розмотувача з розподіленими параметрами та урахуванням хвильових властивостей гідромагістралей. При складанні математичного опису процесів, які протікають у гідравлічній системі механізму затискання сегментного розмотувача за основу було взято методичну базу створену член-корр. НАН УССР д.т.н. С.М.Кожевниковим, та д.т.н. А.В.Праздниковим.

Математична модель довгої гідромагістралі як системи з розподіленими параметрами, для несталої руху реальної пружної рідини, описується диференціальними рівняннями в приватних похідних:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\rho \cdot \left( \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\lambda}{2d} \cdot |v| \cdot v \right); \quad \frac{\partial p}{\partial t} = -\rho \cdot c \frac{\partial v}{\partial x}. \quad (1)$$

Для рішення системи (1) в математичній моделі використовується кінцево-різницький метод перетворення рівнянь в приватних похідних в систему звичайних диференціальних рівнянь. Рівняння (1), перетворене таким чином, запишеться для і-тої ділянки j-тої гідромагістралі у вигляді:

$$\frac{dv_{i,j}}{dt} = \frac{p_{i-1,j} - p_{i,j}}{\rho \cdot h_j} - \frac{\xi_{i,j}}{2 \cdot h_j} \cdot |v| \cdot v; \quad \frac{dp_{i,j}}{dt} = \frac{E_j}{h_j} \cdot (v_{i,j} - v_{i+1,j}). \quad (2)$$

Швидкість руху робочої рідини в і-тій ділянці j-тої гідромагістралі може бути виражена у вигляді  $q_{i,j} = v_{i,j} \cdot f_j$ . Підставив даний вираз у (2) та, зробивши перетворення, отримаємо математичну модель гідромагістралі з розподіленими параметрами:

$$\frac{dq_{i,j}}{dt} = \frac{f_j(p_{i-1,j} - p_{i,j})}{\rho \cdot h_j} - \frac{\xi_{i,j}}{2 \cdot h_j \cdot f_j} \cdot |q_{i,j}| \cdot q_{i,j}; \quad \frac{dp_{i,j}}{dt} = \frac{E_j}{h_j \cdot f_j} \cdot (q_{i,j} - q_{i+1,j}). \quad (3)$$

Для ефективного врахування хвильових властивостей гідромагістралей у моделі передбачений вибір раціонального шагу дискретизації на основі аналізу динамічної реакції гідромагістралі на вплив збурення, характерний для даного гідроприводу. В якості таких впливів збурення в умовах насосного привода найчастіше за все виступають практично миттєве спрацювання керуючих елементів та раптова зупинка робочого органу наприкінці його руху. У результаті таких впливів найбільш повно проявляються хвильові властивості гідромагістралей. При цьому виникають перехідні процеси, короткі виражаються у різкому підвищенні тиску в деяких перетинах магістралей (гідроудари). Таким чином, для кожної з гідромагістралей було взято раціональне число ділянок розбиття  $h_j$ , що забезпечує задану точність моделі.

Зміна тиску у порожнинах гідроциліндра описується рівняннями:

$$\frac{dp_n}{dt} = \frac{E_{ж}}{V_n^0 + x \cdot F_n} \cdot \left( q_n - F_n \cdot \frac{dx}{dt} \right); \quad \frac{dp_m}{dt} = \frac{E_{ж}}{V_m^0 + x \cdot F_m} \cdot \left( F_m \cdot \frac{dx}{dt} - q_m \right). \quad (4)$$

Рух робочого органу розмотувач описується однорідним диференціальним рівнянням другого порядку:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \left( \frac{dx}{dt} \right) + U(x, t) + P_{np}(x, t) + (T_{тр.уп} + T_{тр.н}) \operatorname{sign} \left( \frac{dx}{dt} \right) - p_n F_n + p_m F_m = 0. \quad (5)$$

Граничними умовами для складеної системи рівнянь (2), (3)-(5) є вираження витрат у відповідних керуючих пристроїв та перетинах гідромагістралей:

$$Q_k = \mu_k f_k \sqrt{(2|p_{j-1} - p_j|)} / \rho \cdot \text{sign}(p_{j-1} - p_j). \quad (6)$$

Для адекватного моделювання динамічних явищ в гідросистемі механізму затискання сегментного розмотувача необхідно враховувати не раптовість спрацьовування керуючих гідророзподільників. Дослідження характеру спрацьовування розподільних пристроїв золотникового та клапанного типів в умовах об'ємного гідроприводу показали, що як при відкриванні, так і при закриванні керуючого пристрою його прохідний перетин змінюється практично по лінійному закону, тобто:

$$\text{при відкритті } f_p(t) = f_p^{\max} \cdot t/t_o; \quad \text{при закритті } f_p(t) = f_p^{\max} (1 - t/t_3). \quad (7)$$

Повну систему рівнянь (2), (3)-(5) з граничними умовами (6)-(7) зручно реалізувати на ПЕОМ за допомогою стандартних методів Адамса чи Рунге-Кутта.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГІДРОСИСТЕМІ ЗАТИСКАННЯ ШТАБИ СЕГМЕНТНОГО РОЗМОТУВАЧА

Щербінін М.О., керівник доц. Мазур І.А.

Український державний університет науки і технологій

Робота присвячена дослідженню динамічних процесів, що виникають у гідросистемі механізму переміщення та затискання штаби у сегментному розмотувачі агрегату укрупнення рулонів (АУР) ТЕЗА 20-114.

В ході реалізації математичної моделі, з урахуванням хвильових властивостей довгих гідромагістралей, у програмному середовищі Simulink MATLAB виконано дослідження режимів роботи гідросистеми механізму затискання штаби. Було встановлено, що наприкінці робочого та зворотного ходів механізму затискання рулону у кінцевих положеннях виникають у гідросистемі динамічні навантаження які досягають максимально допустимих значень. Окрім того встановлено, що у період розгону поршня гідроциліндру при робочому та зворотному ході, хоча і не виникають небезпечні навантаження, однак спостерігаються стрімкі коливання тиску у порожнинах гідроциліндру. На рис. 1 приведені результати дослідження динамічних процесів в існуючій гідросистемі механізму затискання штаби у сегментному розмотувачі.

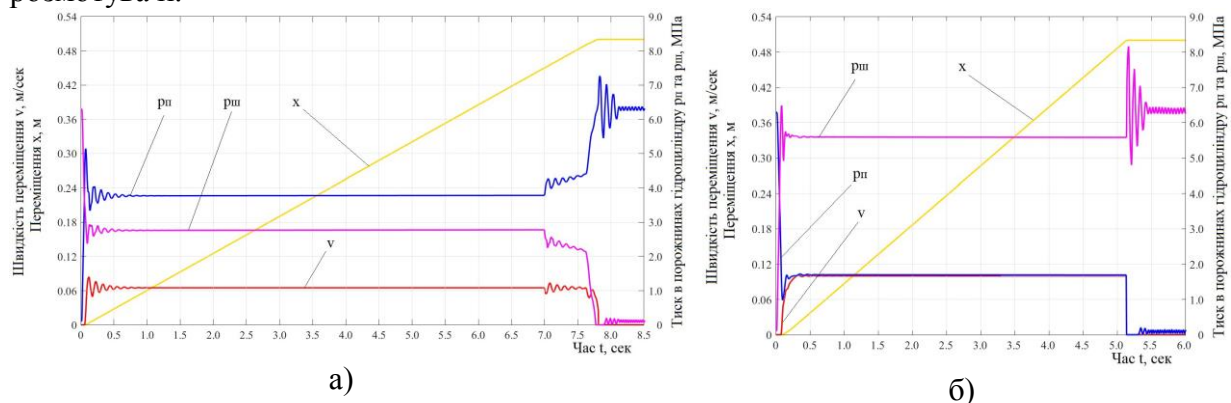


Рисунок 1 – Результати дослідження режимів роботи існуючої гідросистеми механізму затискання штаби у сегментному розмотувачі при робочому (а) та зворотному (б) ході

У результаті дослідження перехідних процесів у гідросистемі розмотувача з різним часом спрацьовування гідророзподільника було рекомендовано його раціональний час спрацьовування як при відкритті, так і закритті. Показано, що найбільш прийнятним є час спрацьовування гідророзподільника за 0,15 – 0,30 сек, при

яких не спостерігається значних коливальних процесів як при робочому так і при зворотному ході.

Було рекомендовано наступні заходи з удосконалення гідросистеми механізму переміщення та затискання рулону у сегментному розмотувач АУР. По-перше замість застарілих золотникових гідророзподільників з часом спрацьовування у 0,35 сек застосувати золотникові гідророзподільники, які мають час спрацьовування 0,20 сек. По-друге, змінити час спрацьовування нових гідророзподільників з електрогідравлічним керуванням наступним чином: час відкриття гідророзподільника повинен бути 0,20 сек, а час закриття – 0,15 сек, як при робочому так і зворотному ході.

На рис. 2 наведені результати дослідження динамічних процесів в гідросистемі механізму затискання штаби у сегментному розмотувачі з урахуванням запропонованих рекомендацій з удосконалення.

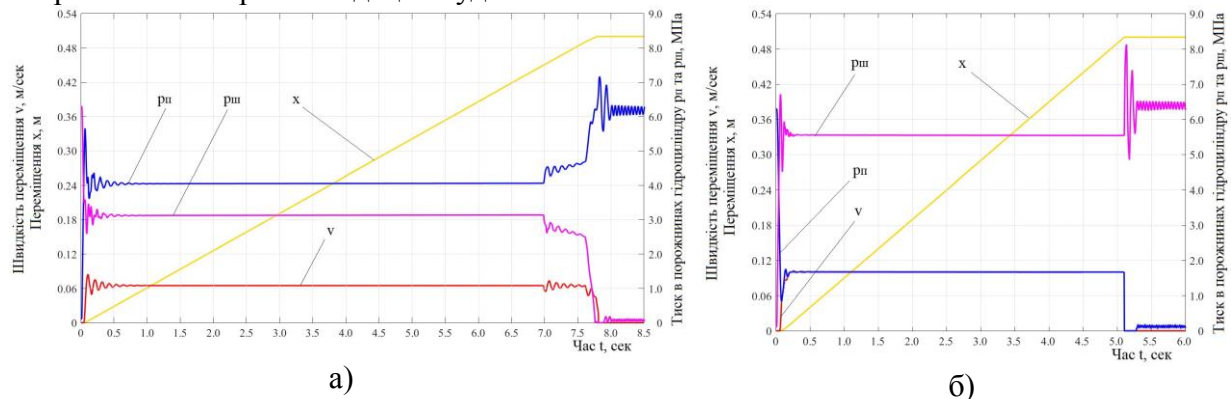


Рисунок 1 – Результати дослідження режимів роботи удосконаленої гідросистеми механізму затискання штаби у сегментному розмотувачі при робочому (а) та зворотному (б) ході

## КОНТРОЛЬ МЕХАНІЗМУ КОЛИВАНЬ КРИСТАЛІЗАТОРУ МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК

Волох В.І., керівник доц. Мазур І.А.

Український державний університет науки і технологій

Одним з основних вузлів сортової машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) є кристалізатор. У ньому формується первинна оболонка безперервно литої заготовки за рахунок відведення тепла від розплаву сталі, що охолоджує водою кристалізатор.

Геометричні параметри кристалізатора МНЛЗ повинні забезпечити рівномірне охолодження та формування кірки заготовки, а також виключити спотворення конфігурації заготовки (ромбічність, овальність), що забезпечує підтримку стабільних геометричних розмірів та тривалу стійкість мідної гільзи.

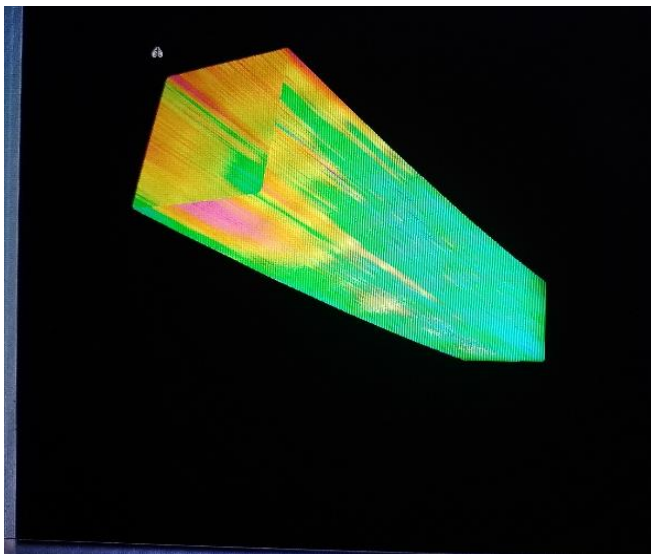


Рисунок 1 Зображення мідної гільзи з дефектами у 3D проекції

У зв'язку з цим поставлено завдання вдосконалення існуючих методів контролю механізму хитання кристалізатору, шляхом вирішення задачі контролю стану гідравлічної системи та якості формованої траєкторії руху кристалізатора за допомогою діагностичного приладу SIMETAL OsciChecker (див. рис.1).

Встановлено, що при відсутності дефектів в механізмі хитання кристалізатора, траєкторія руху згаданої точки перетину нормалі описується практично правильною синусоїдальною залежністю, а положення середньої лінії синусоїди в процесі експлуатації механізму хитання кристалізатора зберігає

незмінне значення. При появі люфтів в вузлах сполучення важелів, невірною налаштування або зміщенні опор механізму хитання кристалізатора відбувається зміна положення середньої лінії траєкторії руху точки перетину заданої нормалі за повний період повороту валу приводу механізму хитання кристалізатора.

У якості детектору використовується датчик осі, який встановлюється на поверхню кристалізатора та фіксує його рух у трьох проекціях

Основною причиною появи тріщин на поверхні злитку, є порушення в роботі механізму хитання кристалізатору, пов'язані, в першу чергу, з дією невірних навантажень, дефектів в налаштуванні і зазорів в підшипникових вузлах, роботі гідроциліндрів, осьовим перекосам при хитання, що особливо впливає на знос мідної гільзи кристалізатору.

Таким чином, можна зробити висновок, що при дотриманні технології, можна значно підвищити ресурс гільз. Постійне діагностування обладнання допомогою діагностичного приладу SIMETAL OsciChecker та моніторинг коливань рівня металу у кристалізаторі дозволить підвищити стійкість мідних гільз. Надані рекомендації по підвищенню стійкості гільз.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА З ЕЛАСТИЧНИМИ СИТАМИ

Грицьков О.А., керівник доц. Кононов Д.О.

Український державний університет науки і технологій

В металургійній галузі промисловості актуальною є проблеми розділення по заданій крупності - грохоченні вихідної металургійної сировини, зокрема коксу.

Це забезпечує якісну роботу технологічного обладнання доменних печей і подання в них доменного коксу регламентованої крупності.

У зв'язку з цим, постійно ведуться дослідження і триває розробка нових способів грохочення і модернізація пристроїв для покращення роботи вібраційних грохотів.

Мета наукової роботи: експериментальне дослідження технологічних показників роботи вібраційного грохота з еластичними ситами.

Проведено експериментальне дослідження технологічних показників роботи процесу грохочення вібраційного грохоту та побудовані залежності технологічних показників від параметрів роботи вібраційного грохота.

Аналіз отриманих графічних залежностей дозволив встановити інтервал частот коливань, які забезпечують високу ефективність грохочення, отриману при мінімальному закрупненні підрешітного продукту і задрібнення надрешітного продукту. Найбільша ефективність грохочення спостерігається при частотах коливань в межах 22-27 Гц.

Згідно з результатами дослідження даний параметричний ряд частот знаходиться в оптимумі частот (22-27) Гц. При цьому в даному оптимумі частот коливань, показники ефективності процесу грохочення змінюються відповідно в межах (78-90) %.

Аналіз отриманих графічних залежностей технологічних показників процесу грохочення коксу від питомого вагового навантаження на сито показав, що зміна величини питомого навантаження від 10 т/(год м<sup>2</sup>) до 16 т/(год м<sup>2</sup>) викликає поступове зниження ефективності грохочення  $E_p$  від 90% до 65%.

### **КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНИЙ РОЗРАХУНОК КУЛЬОВОГО ШПИНДЕЛЯ**

**Руденко М.О., керівник доц. Кононов Д.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

У сучасному прокатному виробництві приділяється особлива увага вдосконаленню шпинделів і муфт в лініях приводів основного і допоміжного обладнання прокатних станів. Удосконалення йде шляхом створення абсолютно нових конструкцій, що забезпечують надійну роботу в умовах зростаючих швидкостей прокатки і тривалий термін служби змінного обладнання.

У світовій практиці відомо багато конструкцій шпиндельних з'єднань. Основні з них міцно увійшли в практику сортових, листових і трубних станів: тріфрові, зубчасті, універсальні з шарнірами на бронзових вкладишах і на підшипниках кочення. Останнім часом стали використовувати нові конструкції шпинделів і муфт з шарнірами на тілах кочення.

На підставі численних досліджень умов роботи шпиндельних з'єднань та муфт прокатних станів розроблені нові конструкції різних типів, які мають значно вищу довговічність, ніж відомі шпинделі і муфти, що застосовуються в приводах прокатних станів. Нові шпинделі і муфти прості у виготовленні мають високу навантажувальну здатність, знижують биття шпинделів і вібрації робочих валків, володіють підвищеною надійністю і довговічністю, підвищують стабільність процесу і точність прокатки.

Методика розрахунку шпинделів на тілах кочення мало досліджена.

В проведених дослідженнях використовується можливість сучасних CAD/CAE систем.

Розроблено параметричну тривимірну модель кульового шпинделя, яка дозволила моделювати положення головки, куль і обойми в залежності від кутів перекосу осей головки і обойми, кутів повороту головки щодо своєї осі.

Побудовано залежність максимальних еквівалентних напружень в кульовому шпинделі (в тілі шпинделя) і по поверхнях в елементах кульового шпинделя. При максимальному моменті, що крутить 12000 Нм, еквівалентні напруження досягають значень: головка 484,3 МПа, обойма 423,7 МПа, контактні - 646 МПа.

Промодельована робота кульового шпинделя при розподілі навантаження тільки між двома кульками. Побудований графік електричного навантаження на кульового шпинделя при двох кульках і куту перекосу 2°.

## РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА З ЕЛАСТИЧНИМИ СИТАМИ

Лісна Д.В., керівник доц. Кононов Д.О.

Український державний університет науки і технологій

Грохочення є одною з основних операцій при переробки сипкого матеріалу. У процесі експлуатації конструкції просіваючих поверхонь повинні мати високі показники ефективності процесу грохочення в залежності від умов класифікації і як можна довше зберігати постійними розміри просіваючих отворів (щілин), щоб мінімізувати можливості закрупнення або задрібненості класифікованого матеріалу розрахункової крупності.

На кафедрі галузевого машинобудування УДУНТ розроблено нову конструкцію еластичної просіючої поверхні, яка має високі експлуатаційні показники роботи.

Проведені експериментальні дослідження та отримані залежності ефективності грохочення від параметрів роботи вібраційного грохота з еластичним ситом.

Розроблено математичну та комп'ютерну моделі, які дозволяють за допомогою отриманих експериментальних даних прогнозувати ефективності грохочення вібраційним грохотом. Розглянуто декілька моделей. Проведено порівняння результатів, отриманих регресійним методом та машинним навчанням.

Проведено порівняння результатів, отриманих регресійним методом та машинним навчанням.

Найменшу похибку дають моделі регресії гаусівського процесу. Зокрема, найкращий результат показує регресія з експоненціальною функцією ядра.

Порівнюючи результати, можна зробити висновок, що моделі отримані методом машинного навчання, дають точніший результат ( $\delta_{\max}=5,3\%$ ), а при застосуванні рівняння множинної регресії похибка становить 16,2%.

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БЕЗПЕРЕРВНИХ ЛИСТОВИХ СТАНІВ

Ціколія А.З., керівник доц. Кононов Д.О.

Український державний університет науки і технологій

У сучасному промисловому виробництві безперервні листові стани відіграють важливу роль у виготовленні різноманітних металевих продуктів. Розвиток технологій МБЛЗ та агрегатів валкового розливання-прокатування відкриває нові можливості для підприємств металургійної галузі.

Розглянемо структуру такого ливарно-прокатного модуля на прикладі виготовлення гарячекатаного рулонного прокату.

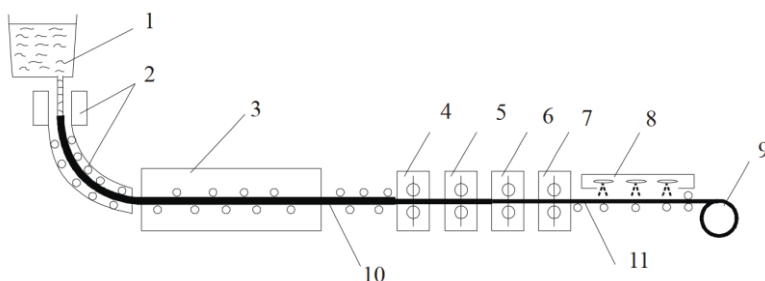


Рисунок 1 Ливарно-прокатний комплекс з МБЛЗ

традиційних схем гарячого прокатування. Крім того, існує можливість модифікації ЛПМ залежно від виробничих потреб, у тому числі прибудови до них обладнання для отримання продукції глибших переділів (наприклад, ліній травлення, прокатних станів

Конструкція ливарно-прокатних модулів дозволяє виготовляти продукцію широкого марочного та розмірного асортименту. Зокрема, вони вже дозволяють отримувати прокат завтовшки від 0,6 мм, який є недоступним при використанні

та агрегатів безперервного відпалу, що дозволяють випускати холоднокатану рулонну продукцію в єдиному з ЛПМ виробничому потоці).

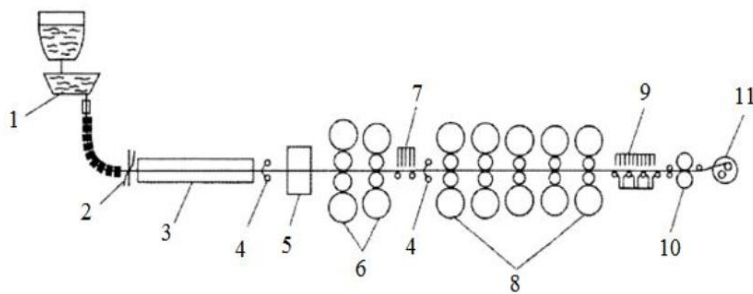


Рисунок 2 Схема агрегата DSP

Залежно від розробника технології та особливостей реалізації процесу, розрізняють декілька модифікацій таких ливарно-прокатних технологій, серед яких найбільш відомими є CSP (від англійського Compact Strip Production), ISP (In-line Strip Production), ESP (Endless Strip Production) і

TSP (Tippins-Samsung Process).

Підвищення ефективності ділянки моталки та тягнучих роликів у безперервних листових станах є критичним завданням для забезпечення оптимального виробничого процесу. Один із способів досягнення цієї мети полягає у впровадженні нових технологій та оптимізації робочих параметрів.

Під час змотування тонкої гарячекатаної полоси, де товщина становить 2 мм, важливою є правильна робота тягнучих роликів та натягу полоси. Тягнучі ролики, які забезпечують необхідну форму рулону, повинні мати концентруючі проводки та забезпечувати необхідний тиск на полосу. Уникаючи захлесту заднього кінця під час завершення смотки, важливо встановити синхронну роботу барабану моталки, відповідного рольгангу та тягнучих роликів.

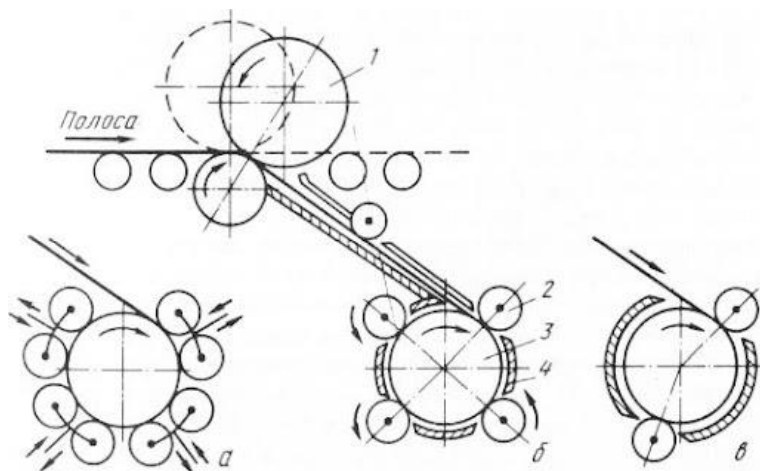


Рисунок 3 Різні схеми намотування з тягнучими роликами

Особливістю ефективної моталки є трьохпозиційний барабан, що працює у трьох режимах. Після намотування декількох витків барабан розташовується у режимі розжиму, що дозволяє надійно фіксувати полосу та уникнути її проскользання.

Для досягнення оптимальних результатів важливо правильно налаштувати зазори між барабаном та тягнучими роликами моталки та вибрати оптимальний момент для

розширення барабана. Ці маніпуляції допомагають у підвищенні швидкості захоплення переднього кінця полоси та забезпеченні точного та надійного процесу мотання.

Розвиток технологій у ливарно-прокатних комплексах відкриває широкі перспективи для підприємств металургійної галузі. Особлива увага приділяється модифікаціям таких технологій, як CSP, ISP, ESP і TSP, які забезпечують високу продуктивність та якість виготовлення продукції.

Особливо важливим є підвищення ефективності ділянки моталки та тягнучих роликів у безперервних листових станах. Впровадження нових технологій та оптимізація робочих параметрів дозволяє підвищити продуктивність процесу, знизити витрати енергії та матеріалів, а також покращити якість виготовленої продукції.

## **КРИВОШИПНИЙ МЕХАНІЗМ ПРИВОДУ ПЕРЕСУВАННЯ РОБОЧОЇ КЛІТІ СТАНУ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ (ХПТ)**

**Горбатенко І.В., керівник доц. Толстіков Г.І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Двошарова рухома робоча кліть стану ХПТ пересувається за допомогою головного при-воду, до якого входять головний двигун, конічний редуктор, приводний та кривошипно – шатунний механізми. Шатуни останнього пов'язані з приливами робочої кліті.

Конструкція кривошипно-шатунного механізму має ряд конструктивних недоліків, які призводять до виходу з ладу деталей механізму і тривалості простоїв на ремонті.

Автором запропоновано удосконалення конструкції кривошипно-шатунного механізму, яке буде сприяти зниженню кількості поломок і їх тривалості, а також можливості підвищення надійності і довговічності механізму в цілому.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ АВТОНОМНОЇ ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ З КОМПЕНСАЦІЄЮ ІНЕРЦІЙНОСТІ КОНТУРУ ЗБУДЖЕННЯ**

**Бондар І.В., Скаліш З.С., керівник к.т.н. Хоменко В.І.**

**Придніпровський металургійний фаховий коледж**

У сучасних генеруючих установках синхронні машини (СМ) облаштовуються системами збудження (СЗ), в яких струм збудження формується одночасно від двох джерел: джерела напруги та джерела струму, струм якого пропорційний струму статора СМ. Суттєвими перевагами таких систем є висока швидкодія каналів регулювання напруги збудження [1]. Однак, інерційність обмотки збудження СМ (стала часу 3...5с) призводить до значного погіршення таких систем.

Тому на потужних СМ – генераторах з тиристорними збуджувачами застосовують автоматичні регулятори збудження, які виробляють керувальне діяння не лише за відхиленнями регульованих змінних, а також за похідною цих величин. При автоматичному регулюванні збудження інерційність обмотки збудження (ОЗ) компенсується сигналами пропорційними швидкості зміни вихідної напруги  $U_r$  та струму навантаження  $I_r$ .

Живлення тиристорних перетворювачів здійснюється або від трансформатора при незалежному збудженні, або з обмотки статора синхронної машини через трансформатор. Регулювання збудження синхронного генератора (СГ) здійснюється шляхом зміни моменту часу (фази) вмикання тиристорів керованих випрямлячів збуджувача. Формування відпираючих сигналів до керуючих електродів тиристорів здійснюється спеціальною системою керування тиристорами.

Постановка задачі. Дослідження впливу ємнісного накопичувача енергії (ЄНЕ) в поєднанні з автоматичним регулятором збудження (АРЗ) на швидкодію режимів стабілізації вихідної напруги синхронної машини автономної генераторної установки (АГУ).

Результати роботи. В якості об'єкта дослідження використовується синхронний генератор, як складовий елемент експериментальної установки. Аналізуються перехідні процеси стабілізації вихідної напруги АГУ при різкому накиданні навантаження.

Як відомо, швидкість стабілізації вихідної напруги забезпечується інтенсивністю наростання струму збудження  $I_r$ . При застосуванні АРЗ в поєднанні

з ЄНЕ забезпечується більш інтенсивне наростання струму в контурі збудження [2].

Струм демпферної обмотки генератора містить незначні пульсації, обумовлені пульсуючим характером напруги збудження генератора. Форма струму демпферної обмотки генератора по осі  $d$  визначається характером струму збудження  $I_f$  (струм демпферної обмотки по осі  $d$  протидіє зміні струму збудження).

Висновки. Аналізом залежностей доведено, що вмикання в контур збудження ємнісного накопичувача енергії призводить до зростання швидкодії режимів стабілізації вихідної напруги синхронного генератора.

## **РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ**

**Бачурін А.В., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Експериментальні дослідження суттєво скорочують час пошуку і апробації нових технічних рішень щодо удосконалення робочих органів машин для земляних робіт (МЗР). Для зменшення значних матеріальних затрат на натурні дослідження вони виконуються після ґрунтовно виконаних лабораторних на відповідних моделях.

Розроблена і виготовлена в лабораторії кафедри «Прикладна механіка» УДУНТ багатофункціональна модель одноковшового екскаватора призначена для наочної демонстрації процесів взаємодії робочих органів МЗР з моделлю ґрунту, а також для проведення лабораторних робіт і наукових досліджень, потребує удосконалення у частині електропневмоприводу та вимірювальної системи. Елементи робочого обладнання потребують розміщення датчиків для вимірювання величини зусиль і деформацій, що виникають в їх металоконструкціях при робочому навантаженні, а саме робоче обладнання - безпечного, простого і зручного у користуванні приводу, який би не тільки забезпечував реалізацію достатніх зусиль при користуванні моделлю, але і був би достатньо жорстким. З точки зору безпечності і простоти конструктивного виконання електропневмопривод має суттєві переваги перед електрогідроприводом, але його недоліком є пружність робочого тіла та, порівняно з гідроприводом, збільшені габарити пневмоциліндрів.

Враховуючи необхідну просту трансформацію моделі екскаватора і її налагодження для проведення певних дослідів передбачається можливість використання на ній обох видів приводів. При розрахунку конструкції моделі така обставина передбачена. Обидва варіанти схем приводу складаються з максимальної кількості уніфікованих елементів, і можуть бути зібрані в лабораторних умовах.

Механізм врівноваження поворотної платформи моделі одноковшового екскаватора виконаний з двома варіантами приводу: електромеханічним і пневматичним. Це дозволить дослідити навантаження, діючі на опорно-поворотний пристрій шляхом встановлення співвідношень між масами, розміщеними на поворотній платформі, і геометричною компоновкою екскаватора в цілому з метою розвантаження опорно-поворотного пристрою від згинаючих моментів, що є результатом несиметричного прикладених до поворотної платформи зовнішніх сил. Така несиметричність обумовлена зміною вильоту робочого органа і коливаннями сил копання, прикладених до його ріжучого краю, тим більше, що робочими органами можуть бути моделі: ковшів екскаватора, відвалів бульдозера зі складною ножовою

системою, зубці розпушників, віброкотки чи віброплощини ґрунтоущільнювальних машин традиційної і блокуючої дії.

Механізм врівноваження поворотної платформи моделі екскаватора дозволить зменшити дисбаланс за рахунок рухомої противаги, привод переміщення котрої виконаний автоматично поєднаним з датчиками розбалансування платформи.

При розробці системи слідкування за розбалансованістю поворотної платформи екскаватора слід використати датчики переміщень елементів її металоконструкції, розмістивши їх в зручних для встановлення і обслуговування місцях найбільших можливих деформацій з метою зменшення їх чутливості і, відповідно, зниження впливу зовнішніх факторів на точність вимірювань та зменшення їх вартості.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ШТОКІВ ГІДРОЦИЛІНДРІВ**

**Загороднюк О.А., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Гідроциліндри є розповсюдженими виконавчими елементами гідромеханізмів будівельних і колійних машин. Їх особливістю є потреба в ущільненні вузла виходу штока з корпусу гідроциліндра з метою запобігання витіку масла з гідросистеми.

До деталей, що найбільш інтенсивно спрацьовуються при роботі гідроциліндра, належать: гільза циліндра, шток, поршневі кільця, ущільнення поршня і штока, підшипникові вузли провусин кріплення гідроциліндра до гідромеханізму. За собівартістю виготовлення вказані деталі поділяються на дві групи: перша – деталі низької собівартості (поршневі кільця, ущільнення поршня і штока, підшипникові вузли корпусу і провусини штока та ін.); друга – базові деталі відносно високої собівартості (корпус і шток). Деталі першої групи застосовуються одноразово і призначені для захисту від інтенсивного спрацювання базових деталей. Для забезпечення максимально можливої тривалості роботи деталей другої групи їх ремонтують з відновленням до номінального чи ремонтного розміру.

Шток гідроциліндра працює в більш невідповідних умовах з точки зору контакту з корозуючими і абразивними матеріалами оточуючої атмосфери, особливо в зоні роботи гідромеханізмів, а тому досить швидко втрачає номінальну точність і шорсткість поверхні, що призводить до більш інтенсивного спрацювання його ущільнень і більш часті їх заміни навіть при задовільному стані інших деталей.

Відомі технології відновлення номінальних розмірів штоків гідроциліндрів напиленням таких матеріалів, як хром, срібло, цинк. Вибір параметрів технологічного процесу, матеріалів для напилення і області їх ефективного застосування залежить від багатьох конструктивних, технологічних та економічних факторів.

Покриття, отримані напиленням на поверхню штока, мають свої переваги і недоліки, які слід проаналізувати, оскільки абсолютні, відносні, узагальнюючі і сумарні показники відповідних технологічних процесів достеменно не проаналізовані. Відсутні співставні результати відновлення спрацьованих поверхонь штоків гідроциліндрів вказаними матеріалами. Щодо режимів технологічних процесів напилення слід зауважити, що від правильного взаємного вибору їх параметрів суттєво залежить кінцевий результат, зокрема, міцність, мінімальна товщина та довговічність роботи покриття, витрата відповідного матеріалу на одиницю продукції, продуктивність установок для напилення, собівартість ремонту, можливі області застосування розроблених технологічних процесів для відновлення спрацьованих поверхонь інших базових деталей. Для аналізу параметрів технологічних процесів напилення хрому, срібла, цинку на спрацьовану зовнішню циліндричну поверхню штоків гідроциліндрів

слід, перш за все, вивчити види і періоди спрацювання, звернувши особливу увагу на характерні ознаки спрацювання і, при наявності, на особливості стосовно тих чи інших гідромеханізмів машин, зважаючи на умови їх роботи.

Необхідно з'ясувати і проаналізувати способи виявлення дефектів штоків гідроциліндрів, а також встановити розміри граничних спрацювань згідно їх номенклатури.

Кінцевою метою теоретичних досліджень, як правило, є оптимізація параметрів, що суттєво впливають на якість кінцевих результатів, зокрема, на експлуатаційні властивості покриття, утвореного на поверхні штока напиленням. У цьому випадку будуть досить жорстко окреслені граничні значення технологічних режимів процесу нанесення покриття.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА БУЛЬДОЗЕРНОГО ВІДВАЛА-УЩІЛЬНЮВАЧА**

**Прус Н.В., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Актуальність досліджень НС обумовлена стратегічним напрямком розвитку і удосконалення вітчизняного машинобудування в частині МЗР, який передбачає зниження питомої енергоємності процесу розробки ґрунту, тобто максимально ефективне використання потужності базового силового агрегату машини, її маси і інших техніко-економічних показників, а також зменшення номенклатури завдяки змінному навісному обладнанню. Актуальність роботи пояснюється подальшим розвитком нових технічних рішень енергоефективних бульдозерів. Підвищення продуктивності та зниження енергоємності застосування бульдозера можливі за рахунок удосконалення існуючих та розробки нових конструктивних рішень бульдозерного обладнання і їх робочих органів.

Мета роботи – розробка моделі багатофункціонального відвала бульдозера-ущільнювача, яка дозволить досліджувати процес копання і ущільнення ґрунту у широкому спектрі характеристичних параметрів і вихідних даних.

Особливостями запропонованого технічного рішення бульдозерного відвала-ущільнювача є поєднання функціональних можливостей неповоротного відвала бульдозера, оснащеного комбінованою ножовою системою з косим копанням ґрунту, призначеною для підвищення енергоефективності цього процесу, з додатковими можливостями ущільнення ґрунту за рахунок тієї ж ножової системи, яка за рахунок відповідного гідроприводу переводиться з положення копання ґрунту в положення його часткового ущільнення. При цьому можливе застосування додаткової вібраційної системи для інтенсифікації процесу ущільнення ґрунту, яка може бути розміщена за відвалом та мати певний діапазон зміни вектора збурюючої сили, частоти, амплітуди коливань та потужності приводу. Крім того, розробка передбачає створення простої, надійної, технологічної, безпечної, з низькою собівартістю конструкції, багатофункціональності якої забезпечується зручним її налаштуванням на заданий режим копання і ущільнення ґрунту.

Суть технічної пропозиції у тому, що бульдозерний відвал-ущільнювач включає традиційний бульдозерний відвал, оснащений бічними косинками та ножовою системою. Новим є те, що ножова система шарнірно встановлена в нижній частині відвала, має механізм повороту, рухому пластину, зйомну насадку, її кріплення та кронштейни, причому ріжучі ножі ножової системи виконані з попарно з'єднаних пластин під заданим кутом, які додатково з'єднані між собою косинками та нижніми пластинами, механізм повороту ножової системи включає шарнірно з'єднані між собою

гідроциліндри, двоплечі важелі та тяги, зйомна насадка включає основну пластину, до якої попарно приєднані додаткові пластини під заданим кутом, що дорівнює куту з'єднання пластин ріжучих ножів, до кронштейнів, встановлених на нижніх площинах косинок ножової системи шарнірно приєднані тяги, двоплечі важелі шарнірно приєднані до кронштейнів, встановлених в тильній нижній частині традиційного бульдозерного відвала, корпуси гідроциліндрів шарнірно приєднані до кронштейнів, встановлених у тильній верхній частині традиційного бульдозерного відвала, а рухома пластина має провущини, якими через прорізи фіксується до провущин, встановлених в тильній нижній частині традиційного бульдозерного відвала фіксаторами.

Реалізація запропонованого технічного рішення дозволить: копати ґрунт у традиційному режимі і у енергоефективному режимі косоного копання, частково розпушувати міцний ґрунт, ущільнювати свіжо насипаний ґрунт по всій ширині відвала переміщенням комбінованої ножової системи у тильне положення.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ БУЛЬДОЗЕРА ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ**

**Черевченко Д.А., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Інтенсифікація робочих процесів машин для земляних робіт (МЗР) і, зокрема, бульдозерів, передбачає використання при їх роботі з ґрунтом різноманітних засобів, спрямованих на підвищення продуктивності, зниження енергоємності, матеріалоємності та собівартості виконуваних ними робіт, захист елементів робочого обладнання і, зокрема, робочих органів від передчасного і надмірного спрацювання, поліпшення умов роботи МЗР у цілому, враховуючи їх вплив на оператора.

Перш за все, необхідно врахувати фізичну суть процесів, що відбуваються при взаємодії робочих органів МЗР з ґрунтом, які ґрунтуються на фізико-механічних властивостях ґрунтів і їх опорі руйнуванню чи ущільненню. Так, при копанні ґрунту необхідно максимально зменшити або повністю виключити опори ґрунту зминанню, тертя ґрунту по ґрунту і ґрунту по поверхні робочого органа, підйому ґрунту, забезпечити зменшення втрат і надмірного ущільнення ґрунту при його транспортуванні, а при ущільненні ґрунту – звести до мінімуму його залишкові пружні деформації та забезпечити його блокування від вислизання з-під контактуючих з ним поверхонь робочих органів.

Інтенсифікація роботи МЗР у цілому може бути досягнута розширенням функціональних можливостей їх робочого обладнання, і, зокрема, робочих органів на основі модульного виконання їх складових частин, комплексного застосування статичного і динамічного (вібрації, удар) навантаження на ґрунт, виконання механізмів керування такими, що забезпечують збільшення ступенів свободи робочого органу у просторі, а, відповідно, і розширення його робочої зони незалежно від руху машини.

Раціональна компоновка декількох видів робочих органів на базі однієї МЗР або вибір комплексу МЗР, взаємопов'язаних технологічним процесом ведення земляних робіт також призводить до отримання економічного ефекту.

Прикладами інтенсифікації роботи МЗР по кожному їх класу можуть бути такі ілюстрації. Для розпушників, якими зазвичай агрегуються бульдозери, ефективним є застосування просторового траєкторного зміщення ріжучих країв, робота на докритичній глибині та використання багатозубих розпушувальних модулів. Вони збільшують свою ефективність, переважно, за рахунок використання ножових систем з виступними ножами та бічними косинками.

Одним з дієвих способів інтенсифікації роботи МЗР є також втілення ідей на рівні винаходів і корисних моделей в реально існуючі конструктивні рішення і застосування їх при модернізації існуючих чи випуску нових машин.

Так, наприклад, при розробці нових поколінь ґрунтоущільнювальних машин і їх робочих органів актуальним є напрямок поєднання в одній машині декількох швидко змінних видів робочих органів, які можна використовувати в довільному їх взаємному поєднанні, перерозподіляти між ними навантаження на ґрунт, задавати різні швидкості і напрямки їх переміщення відносно бази машини, інтенсифікувати їх роботу увімкненням в роботу їх незалежних вібраційних модулів, а також адаптувати форму їх контактної з ґрунтом поверхні до технологічних умов виконання робіт.

Запропоноване робоче обладнання бульдозера для ущільнення ґрунту відрізняється новизною, оригінальністю, простотою конструкції, технологічністю виготовлення та застосування, логічністю його поєднання з традиційним бульдозерним обладнанням в частині ведення робіт з копання, переміщення, розподілу та укладання ґрунту і часткового його активного ущільнення.

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ БУЛЬДОЗЕРА ПІДВИЩЕНОЇ НАКОПИЧУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ**

**Бондаренко Д.В., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Бульдозер є однією з основних машин, що використовуються в промисловому, цивільному, дорожньому будівництві, тому що його конструкція проста, універсальна і має низьку собівартість виконання роботи.

Аналіз науково-технічної інформації України та зарубіжних країн у галузі бульдозеробудування дозволили зробити аналітичні висновки щодо розвитку конструкції бульдозера.

Загальні тенденції розвитку конструкції бульдозерів ведуться у двох напрямках. Перший - пов'язаний з удосконаленням конструкції базових тракторів або тягачів, а другий - менш матеріаломісткий, але такий же ефективний, пов'язаний з удосконаленням бульдозерного обладнання. Найбільш важливими способами вдосконалення є:

- розширення типорозмірного ряду у напрямку створення малогабаритних та важких машин;
- підвищення питомої потужності при порівняно невеликому збільшенні маси;
- поділ на функціональні елементи та вузли відповідно до особливостей процесів взаємодії з ґрунтом;
- застосування пристроїв, що інтенсифікують копання, транспортування та розвантаження ґрунту;
- застосування пристроїв, які забезпечують оптимізацію параметрів у процесі роботи залежно від операцій, що виконуються; застосування нових фізичних методів руйнування ґрунтів;
- створення важких бульдозерів на базі спарених тракторів;
- розширення номенклатури бульдозерного обладнання;
- застосування більш міцних матеріалів, введення мастила, захисних пристроїв;
- гідрофікація всіх операцій (застосування гідрофікованого перекошу відвалу, застосування для керування відвалом гідроприводу);
- використання автоматичних систем для управління відвалом, систем дистанційного управління бульдозером;

- розширення сфери застосування бульдозера шляхом використання змінного робочого обладнання;
- зниження працемісткості технічного обслуговування.
- поліпшення умов праці за рахунок зниження працемісткості управління машиною, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості;
- підвищення безпеки роботи оператора завдяки впровадженню захисту.

Цілі даних напрямків: зниження енергоємності процесу розробки ґрунту; розширення експлуатаційних можливостей; розширення зони дії; керованість обладнання; підвищення надійності конструкції; підвищення продуктивності; спрощення конструкції; розширення технологічних можливостей.

На підставі аналізу патентної та науково-технічної літератури визначено тенденції розвитку робочого органу бульдозера, основною метою яких є зниження енергоємності розробки ґрунту робочим органом. Можна виділити такі напрями розвитку бульдозерного обладнання: гідропривід робочого органу, що впливає на зміни геометричних параметрів та величин лобової поверхні та ножової системи; робочий орган (конструкція); додаткове обладнання; способи з'єднання відвалів та бульдозера; підвищення накопичувальної здатності призми ґрунту бульдозерним обладнанням.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ НОЖОВОЇ СИСТЕМИ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ БУЛЬДОЗЕРА**

**Бондаренко О.В., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Інтенсифікація процесу копання ґрунту землерийно-транспортними машинами суттєво залежить від виду ножової системи їх робочих органів.

В основу удосконалення чи розробки нових видів ножових систем вказаних машин покладений принцип заміни блокованого різання ґрунту напіввільним чи вільним, оскільки при цьому зменшується питома енергоємність його розробки.

Відомі і практично застосовуються складні однорядні чи дворядні ножові системи скреперів і однорядні ножові системи бульдозерів, в яких застосовується виступаючий середній ніж. Крім того відомі складні ножові системи бульдозерів з декількома виступаючими ножами і бічними косинками, розміщеними в одній площині.

Застосування бічних косинок збільшує продуктивність бульдозера, оскільки вони підбирають і спрямовують у призму перед відвалом ґрунт із зон його бічних руйнувань, які утворюються автоматично при роботі ножа на докритичній глибині.

Відомі теоретичні розробки просторових ножових систем прямокутного профілю, в яких ріжучі леза розміщені з вертикальним і подовжнім зсувом щодо напрямку руху робочого органа, на якому вони закріплені. Крім того, відомі окремі патентні рішення, що передбачають виконання виступаючих ножів трапецієподібної форми і їх розміщення в різних площинах під різними кутами до горизонталі.

Подібна конструкція ножової системи може бути найближчим аналогом авторської пропозиції блоку симетричних ножових систем, в яких передбачається виконання кожної з об'ємних ножових систем з дворядним розміщенням виступаючих ножів з однаковими і різними кутами нахилу до горизонталі та подовжнім і вертикальним зсувом ріжучих лез окремих ножів щодо напрямку руху робочого органа, виконаних на базі бульдозерного відвала. Причому кожен з виступаючих ножів оснащений бічними косинками, а остаточний профіль поверхні ґрунту після проходження ножової системи може бути рельєфним чи плоским.

Авторами розроблені схематичні і конструктивні варіанти груп об'ємних ножових систем з виступаючими ножами і бічними косинками, підготовлені у

відповідності до вимог математичного і фізичного моделювання з метою визначення раціональних конструктивних рішень та їх порівняльного аналізу.

При розробці блоку симетричних об'ємних ножових систем передбачається мінімальна кількість окремих їх складових елементів та врахована можливість їх дзеркального переустановлення і відповідного виконання в них кріпильних елементів для зменшення номенклатури виробів у випадку технологічної реалізації запропонованих технічних рішень.

Для дослідження процесу взаємодії запропонованих варіантів ножових систем з ґрунтом вибрана базова математична модель та розроблене лабораторне устаткування із застосуванням сучасної електронної вимірювальної системи.

Базовою машиною для реалізації авторських пропозицій вибраний традиційний бульдозер на базі трактора Т-170 з бульдозерним обладнанням ДЗ-109ХЛ.

В результаті вирішення задачі по дослідженню, розробці і практичному застосуванню блоку об'ємних ножових систем очікується збільшення загальної глибини копання ґрунту за один прохід бульдозера, підвищення його продуктивності та інтенсифікація процесу розробки ґрунту робочими органами землерийно-транспортних машин, на яких вони будуть застосовуватися.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ КАБЕЛЕУКЛАДАЧА**

**Гасанов Р.С., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Для ефективного вирішення проблеми комплексної механізації робіт при укладанні кабелів в тілі земляного полотна є тенденція використовувати кабелеукладачі. Це дозволяє максимально можливо скоротити час проведення робіт і значно покращити техніко-економічні показники.

Залежно від типу і умов укладання кабелів кабелеукладачі розділяють по габаритам, масі, кількості кабелів, що укладаються одночасно і класифікують на магістральні (важкі), легкі і мікрокабелеукладачі.

Від особливостей конструкцій робочого обладнання кабелеукладачі поділяють на пасивні і активні. До пасивних відносяться кабелеукладачі, у яких ніж закріплений на рамі нерухомо і прорізає ґрунт тільки за рахунок тягового зусилля тягача. Активні кабелеукладачі забезпечені ножами, яким повідомляється коливальний рух ударним або газодинамічним способами та потребують додаткового обладнання і обслуговування. З цього можна зробити висновок, що пасивні кабелеукладачі більш практичні і надійні.

Кабелеукладач на залізничному ходу призначений для безтраншейної прокладки кабелів у тілі земляного полотна на ділянках електрифікації, на нових залізничних лініях, при будівництві других колій, об'єктів авто блокування, диспетчерської централізації та ін.

Кабелеукладач повинен замінити навісне кабелеукладальне обладнання, яке застосовується на теперішній час до путьових стругів при прокладанні кабелів в тілі земляного полотна, а також машини ТКТС та ручний спосіб прокладання кабелів.

Кабелеукладач змонтований на 4-х вісній вантажній платформі вантажопідймальністю 63 т і включає наступні основні вузли: два робочих органа з кожного боку платформи, кабінку устаткування з дизель-генератором, насосної станції та другими вузлами, кабінку управління, гідро устаткування, електроустаткування, направляючий апарат, підставка для барабанів з кабелем, баластні вантажі, установка сходів і поручнів.

Метою роботи є розширення технологічних можливостей пасивного кабелеукладача та збільшення його продуктивності за рахунок модернізації робочого обладнання.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі: виконати огляд і аналіз технологічних рішень аналогів кабелеукладачів, тяговий та силовий розрахунок, розрахунок гідроприводу, перевірочні розрахунки стійкості та механізмів приводу, а на основі конструктивного розрахунку розробити робочі та складальні креслення, запропонувати рекомендації до відомої технології застосування, оцінити перспективи подальшої модернізації чи розвитку запропонованих технічних рішень кабелеукладального устаткування.

Крім того необхідно врахувати заходи з охорони праці з урахуванням шкідливих та небезпечних факторів, які діють на обслуговуючий персонал, зокрема врахувати такі чинники, як шум, вібрація, мікроклімат на робочому місці, запиленість, загазованість, електробезпеку, оглядовість зони ведення робіт з місця оператора машини, обставини, пов'язані з фізичними і нервово-психічними перевантаженнями машиніста кабелеукладача та передбачити дії працівників у надзвичайних ситуаціях.

## **ПРОЕКТ ОДНОКОВШЕВОГО МІНІ-ЕКСКАВАТОРА**

**Панченко Є.О., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Міні-екскаватор - це гусенична або колісна будівельна машина з робочим ковшем, яка використовується для виконання різних завдань в будівництві та земельних роботах. Вони оснащені потужними гідравлічними системами, які керують рухами ковша і рухом машини. Міні-екскаватори є компактними, але надзвичайно потужними машинами, що можуть точно та ефективно виконувати будівельні завдання.

Міні-екскаватори, на відміну від своїх великих побратимів, відрізняються підвищеними показниками прохідності і маневреності. Крім того, вони набагато менше за габаритами, а тиск на опорну поверхню - дуже маленьке. Це дозволяє використовувати подібну техніку там, куди звичайна техніка не має доступу.

Основні переваги. Перш за все, така техніка здатна виконати якийсь обсяг робіт відразу на декількох об'єктах, які знаходяться один від одного далеко. Все тому, що міні-екскаватор можна транспортувати на звичайних великовантажних автомобілях. Тому багато будівельників не замовляють повноцінну техніку, а вибирають такий бюджетний варіант. Оренда міні-екскаватора може знадобитися для того, щоб рити уздовж автодоріг кювети, створювати ями для ліній електропередач, а також при створенні маленьких котлованів під фундамент, щоб побудувати приватний одноповерховий будинок. Крім того, подібні пристрої можна зустріти навіть у комунальних служб, які таким чином облагороджують територію і створюють нові об'єкти. Міні-екскаватори здатні зробити більшість робіт дуже швидко і з хорошою ефективністю. Якщо застосовувати техніку разом з відбійними молотками, то можна руйнувати старі будинки, а для вантажних робіт досить прикріпити спеціальний ківш. Специфікація зменшених екскаваторів проводиться по місткості ковша і масі машини. Найменші можуть важити менше тони. А найбільші зразки можуть досягати маси в десять тисяч кілограм. Ще не так давно міні-екскаватори вважалися лише іграшками в світі важкої техніки, але поступово вони заслужили повагу професійних будівельників і конструкторів, підкоривши їх простотою управління, малими розмірами, низькою ціною і високою якістю виконуваних робіт. Вони можуть допомогти у великій кількості робіт, починаючи від ландшафтного дизайну і закінчуючи побутовими потребами.

Міні екскаватор складається з трьох основних компонентів: верхньої платформи, нижньої платформи і робочого обладнання. Верхня платформа містить кабіну оператора, керування та двигун. Нижня платформа, яка зазвичай забезпечена гусеничними ланцюгами чи колесами, забезпечує рух машини. Робоче обладнання включає гідравлічний ковш, який може мінятися в залежності від завдання.

Міні-екскаватори мають широкий спектр застосування в будівництві, а саме: 1) земляні роботи (копання траншей, планувальні роботи, видалення ґрунту, тощо); 2) фундаментні роботи (копання ям для фундаментів, встановлення підпорних конструкцій та виконання будівельних робіт); 3) ландшафтний дизайн (створення озерець, ставків, пагорбів та ін.); 4) споруди та ремонт (розбирання старих конструкцій та будівель, а також виконання ремонтних робіт); 5) дренажні роботи (встановлення дренажних систем та каналізаційних труб).

Використання міні-екскаваторів має численні переваги: 1) компактність (легко маневрують в обмежених просторах); 2) ефективність і продуктивність (мають потужні гідравлічні системи, які забезпечують високу продуктивність та точність робіт); 3) економія часу і грошей; 4) підвищення безпеки (оператори міні-екскаваторів працюють з відмінною видимістю з кабіни та мають керований рух машини); 5) Універсальність (можуть виконувати широкий спектр завдань, скорочуючи номенклатуру машин).

## **РОЗРОБКА СЕКЦІЙНОГО ВІДВАЛА БУЛЬДОЗЕРА**

**Пікало А.О., керівник доц. Главацький К.Ц.**

**Український державний університет науки і технологій**

Робота має на меті удосконалення та розробку ефективної конструкції секційного відвала з використанням традиційної та просторової ножової системи (ПНС) для неповоротного бульдозерного відвала на основі застосування косої різання та копання ґрунту.

Суть роботи полягає в розробці секційного відвала з використанням традиційної та ПНС бульдозерного обладнання у тому числі з виступними ножами та бічними косинками, яка передбачає використання секційних ножів з можливістю їх переустановленням за потрібним технологічним процесом виконання робіт.

Метою роботи є удосконалення робочого обладнання (РО) землерийно-транспортних машин (ЗТМ) та розробки секційного відвала з використанням традиційної та ПНС бульдозерів з неповоротним відвалом, які повинні призвести до спільного результату – зниження енергоємності процесу копання ґрунту та зменшення коефіцієнта питомого опору копання.

ЗТМ називають машини з ножовим РО, що виконують одночасно пошарове відділення від масиву й переміщення ґрунту до місця укладання при своєму поступальному русі. Особливістю робочого процесу цих машин є те, що копання ґрунту відбувається внаслідок переміщення самої машини під дією тягового зусилля, що розвивається її рушієм. До цієї групи машин відносяться зокрема бульдозери. Бульдозерним обладнанням оснащують ЗТМ (бульдозери, автогрейдери), у яких це обладнання є основним. Бульдозери, як правило, оснащуються традиційними конструкціями бульдозерного обладнання з неповоротним чи поворотним відвалом.

Основним недоліком роботи бульдозерного обладнання з неповоротним відвалом є підвищена енергоємність копання і втрати ґрунту обабіч відвала через його конструктивні особливості. Використання бульдозерного обладнання з поворотним відвалом дає змогу використовувати косе різання та копання ґрунту, що дає змогу зменшити опір різанню та копанню.

Актуальність роботи обумовлена тим, що секційний відвал та ПНС спрямовані на зниження енергоємності копання ґрунту за рахунок поліпшення нагромадження і переміщення ґрунту по відвалу і зменшення втрат ґрунту у бічні валики.

Виконано обґрунтування запропонованого технічного рішення з використанням відомих аналогів.

Підраховані сили, діючі на робоче обладнання при копанні ґрунту та при зустрічі робочого обладнання з перешкодами.

Проведений конструктивний розрахунок елементів робочого обладнання.

Розроблені розрахункові схеми робочого обладнання.

Розроблений технологічний процес виготовлення вісі та прорахований приблизний час, необхідний для її виготовлення.

Проведений аналіз варіантів виконання ножової системи.

Дана розробка дозволить дослідити роботу секційного відвала в лабораторних умовах та напрацювати матеріали для виготовлення натурального зразка секційного відвала для бульдозерів на базі промислових тракторів, що дозволить суттєво збільшити ефективність використання бульдозера за рахунок обладнання його запропонованим секційним відвалом з ножовою системою нової конструкції.

В подальшому доцільно розглянути дану конструкцію з метою оптимізації її маси за рахунок вибору матеріалів.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАНУРЮВАННЯ ПАЛЬ**

**Ішук Д.Я., керівник доц. Анофрієв П.Г.**

**Український державний університет науки і технологій**

Пальові фундаменти доволі широко використовуються у сучасному будівництві завдяки відсутності значних об'ємів земляних робіт, високих надійності та швидкості створення таких фундаментів. Огляд і аналіз існуючих методів занурення паль свідчить, що кожний з них має свої переваги і недоліки. Вибір метода занурення паль залежить від умов розташування будівельного майданчику. Математичне моделювання процесу занурення паль дозволяє визначити кінематичні характеристики руху паль і тривалість цієї роботи. Зручність досліджень значно зростає із застосуванням чисельних методів і імітаційних моделей, створених блоками візуального програмування сучасних комп'ютерних програм.

У роботі дано опис запропонованої математичної моделі занурення палі, як системи з двома масами. На основі математичної моделі розроблена s-модель руху палі під дією сили від дизель-молоту. S-модель складено за допомогою інструментів візуального програмування додатку *Simulink*, який працює під управлінням системи *Matlab*. При моделюванні використані компоненти бібліотек *Simulink*, *SimMechanics* і *DSP System Toolbox*. Модель дозволяє розрахувати параметри руху різних типів паль у ґрунтах без валунів. Отримані результати дозволяють планувати швидкість виконання робіт по створенню пального фундаменту.

Розроблена і налагоджена s-моделі дозволяє виконувати дослідження і візуалізувати результати у вигляді графіків. Моделювання занурення паль було виконано для стандартних типів паль.

## **ОЛОГІЧНОЇ ПОРОЖНИНИ НА СИЛУ СТАТИЧНОГО РОЗШИРЕННЯ КОНУСНИМ РОБОЧИМ**

**Антонов В. Г., керівник ст. викл., Посмітюха О.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

В стіснених міських умовах монтаж комунікацій передбачає перетин доріг, охоронних зон або інших об'єктів які неможна розкопувати. Для цього законодавством передбачено використання безтраншейних технологій. Основними типами безтраншейних технологій є горизонтально спрямоване буріння, статичний або динамічний прокол, або продавлювання сталних футлярів відкритим кінцем з подальшою екскавацією ґрунту. Зважаючи на особливості технологічних процесів найбільш розповсюдженими в місті Дніпро є методи статичного проколювання з протягуванням пластикових футлярів на завершальних етапах виконання робіт, з подальшим затягування в них комунікацій. Але даний метод разом з перевагами у вигляді компактності робочих установок і мінімальних робочих зон має суттєве обмеження по розміру порожнини, що при цьому утворюється. Проведений аналіз схожих технологій показав, що збільшити розмір порожнини можна за рахунок часткової екскавації переущільненого ґрунту зі стінок порожнини.

В роботі передбачено дослідити вплив вирізання частини ґрунту з отвору, або блокованого ущільнення в певному напрямку. Окремо розглядається питання послідовного використання ущільнюючих конічно-циліндричних та клиново-призматичних робочих органів з подальшим формуванням циліндричної порожнини і вирізання частини ґрунту та транспортування його по вздовж переущільнених стінок порожнини. Велика кількість переходів дасть можливість збільшити габарит отвору без деформування поверхні над проколом, або деформування сусідніх комунікацій, а разом з цим зменшити робочі зусилля.

Для виконання даної задачі проводиться огляд патентної бази по темі роботи, огляд періодичної літератури та інтернет джерел. Для підтвердження теоретичних викладок заплановано провести серію експериментів, що за сприятливих умов буде проведена в лабораторії кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство» результати буде включено до дипломної роботи.

## **ПРОЄКТ ДВОНАСОСНОЇ ГІДРОСТАНЦІЇ ЗМІННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ З ПРИВОДОМ ВІД ДВЗ**

**Минаєнков Є. О., керівник ст. викл., Посмітюха О.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сучасне містобудування передбачає використання великого різноманіття ручного механізованого інструменту у вигляді відбійних молотків, ножиць, пресів ручних та стаціонарних, різного обладнання – бурові установки, установки статичного проколювання, конвеєрні установки тощо. Всі вони потребують джерела енергії. Найбільш розповсюдженими є електроенергія мережева або від генератора, стиснене повітря від мережевого компресора або від компресорної установки з приводом від двигуна внутрішнього згорання, або ж гідравлічний привід від мережевої або мобільної станції. Всі перераховані приводи мають свої переваги та недоліки які обмежують їхнє використання. Електропривід – універсальний але має суттєве обмеження використання у вологих або насичених пилом місцях, що збільшує ймовірність поломки або враження оператора електричним струмом. Пневматичний привід – дуже енергоємний та великогабаритний тип приводу, а ще суттєво обмежена потужність через низький тиск в системі. Використання гідравлічного приводу позбавлене обох

недоліків – відсутній електричний струм та великі габарити при малій потужності. Ці переваги стають незамінними при експлуатації пресів, опресовщиків, гідравлічних ножиць, домкратів та установок статичного проколу. Особливості використання кожної установки або машини передбачає використання одного або декількох паралельних незалежних потоків рідини з різною продуктивністю, при цьому використання об'ємно-регульованих насосів є вартісним та технічно складним.

В роботі передбачено проектування редуктора, що монтується на двигун внутрішнього згорання зі змінними передаточними відношеннями для кожного нерегульованого насоса, та наявністю нейтрального положення для запуску двигуна в холодну пору, або вимикання одного з насосів у випадку відсутності потреби другого потоку для роботи. Така компоновка та використання легких матеріалів для виготовлення корпусу редуктора дасть змогу суттєво знизити габаритні розміри та вагу гідростанції, що полегшить умови експлуатації. Наявність пропозиції легких та мобільних гідростанцій з достатньою продуктивністю та тиском, сприятиме поширенню гідроприводу в малій механізації, та модернізації існуючих ручних інструментів, що використовуються при будівництві та експлуатації залізничної колії, або аварійно відновлювальних роботах.

## **РОЗРОБКА ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ПУНКТУ ЧИЩЕННЯ ТА МИТТЯ ПАРКУ ТЕХНІКИ**

**Петрунько В.О., керівник доц. Богомаз В.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Парки є обов'язковою складовою частиною військових містечок, які обладнуються в польових умовах та в пунктах постійної дислокації. Вони призначені для зберігання, ремонту, технічного обслуговування та приведення в готовність до застосування озброєння і військової техніки. Парк військової частини обладнується наступними елементами: контрольно-технічний пункт, що включає в себе пункт попередньої очистки, пункт заправки, пункт чищення та миття, пункт (майданчик) щоденного технічного обслуговування, пункт технічного обслуговування та ремонту, акумуляторна зарядна станція, стаціонарна водогрійка (водогрійка), місця зберігання (стоянки), склади військово-технічного майна, приміщення (майданчик) для чергових засобів, санітарно-побутові приміщення, місця відпочинку (куріння), майданчики різного призначення.

Пункт чищення і миття призначений для прибирально-мийних робіт техніки, яка повернулася в парк, та повинен забезпечувати очищення і миття як колісної, так і гусеничної техніки. Він обладнується естакадами, водороздавальними колонками, пристроями для збору і очищення забрудненої води і, по можливості, повинен забезпечувати багаторазове використання води. В окремих випадках допускається обладнання пункту очищення і миття поза парком.

Для удосконалення роботи пункту чищення та миття запропоновано обладнати його транспортером, який призначений для вилучення бруду з відстійника та навантаження його в транспортний засіб. Таке рішення дозволить автоматизувати процес очищення відстійника та в цілому підвищити швидкість проходження машин через відповідний пункт парку при одночасному поверненні великої кількості техніки, а також буде важливим кроком у поліпшенні умов обслуговування техніки.

Транспортер може бути встановлений відразу над відстійником або біля нього, залежно від конкретних умов та потреб. Розташування транспортера має бути таким, щоб він міг без перешкод забирати відходи з відстійника. При цьому головними вимогами до цього транспортера є: забезпечення високої швидкості та якості очищення

відстійника, економічність та екологічність використання, а також зручність у використанні та обслуговуванні. Отже, основною метою роботи є розробка транспортера, який би задовольняв вищезазначені вимоги.

Використання сучасних технологій та матеріалів дозволило забезпечити високу якість роботи транспортера при мінімальних витратах ресурсів. У процесі розробки транспортера використані сучасні матеріали та технології, що забезпечують необхідну міцність та довговічність конструкції.

При розробці транспортера проведено розрахунки його тягового органу та потужності його приводу, тяговий розрахунок, виконано підбір основних елементів приводу та елеватору в цілому.

Для подальшого дослідження планується провести аналіз зміни значень технічних характеристик транспортера в залежності від змін параметрів пункту очищення та миття машин.

## **АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕКСКАВАТОРНИХ КОМПЛЕКСІВ**

**Середа Ю.В., керівник доц. Щека І.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Поліпшенню виробничо-економічних показників при виробництві земляних робіт в складних та екстремальних умовах приділено достатньо багато уваги. Разом з тим, залишається актуальною задача формування виробничих технологічних комплексів, зокрема, підбір складу екскаваторних комплексів з урахуванням організаційно-технологічної надійності будівництва об'єкта в умовах воєнного стану.

Головний напрямок в мінімізації витрат на розробку і транспортування ґрунту становить оптимізація типорозмірів екскаваторів і автосамоскидів. За вихідний критерій оптимізації вибору техніки приймається змінний обсяг робіт, що отримується як результат ділення запланованого обсягу на можливе в конкретних умовах виробництва число робочих змін.

Оптимальним типорозміром екскаватора і автосамоскидів можна вважати такий, який забезпечує мінімальну вартість  $\text{м}^3$  ( $1000 \text{ м}^3$ ) за зміну. Відповідно до цього визначається оптимальна годинна продуктивність екскаваторного комплексу.

Основними факторами, що визначають вартість розробки і транспортування ґрунту, є:

витрата палива машинами (екскаватором і автосамоскидами), яка безпосередньо залежить від потужності двигуна і маси машин;

вартість машин.

Розглянуто метод розрахунку показників роботи екскаваторного комплексу - для підбору комплексу машин з урахуванням технологічної надійності будівництва. За результатами розрахунків встановлено такі переваги складу екскаваторного комплексу:

при дальності транспортування ґрунту на невеликі відстані вартість роботи підвищується зі збільшенням вантажопідйомності автосамоскиду і знижується зі збільшенням ємності ківшу екскаватора. Найменшу вартість забезпечує екскаваторний комплекс з 10-тонними автосамоскидами і екскаватором з ємністю ківшу  $1,5 \text{ м}^3$ ;

при дальності транспортування ґрунту на великі відстані краще (по продуктивності і вартості) екскаваторного комплекс з самоскидами вантажопідйомністю понад 15 тон і екскаватором з ємністю ківшу  $1,0 \text{ м}^3$ .

Визначено оптимальне співвідношення технологічних параметрів машин екскаваторного комплексу по кількості робочих циклів екскаватора при завантаженні автосамоскиду.

Таким чином за експлуатаційними параметрами та технічними характеристиками машин можливо підібрати оптимальний (за критерієм мінімальної вартості  $\text{м}^3$  ( $1000 \text{ м}^3$ ) за зміну) варіант екскаваторного комплексу.

## **НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ КРАНІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ**

**Сущенко О.О., керівник доц. Щека І.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Задача забезпечення виконання завдань за призначенням спеціальною технікою Державної спеціальної служби транспорту на об'єктах відновлення національної транспортної системи дуже актуальна. Автомобільні крани відносять до спеціальної техніки. Наявна техніка через деякий час може вже в повній мірі не справлятися із завданнями, які вирішувалися з її допомогою, а придбання нового обладнання не завжди економічно виправдано. Іноді, досить провести модернізацію, яка здатна істотно скоротити економічні витрати, підвищити термін служби механізмів, збільшити вантажопідйомність крану та інші.

За результатами аналізу різних джерел напрямками модернізації автомобільних кранів можуть бути:

- продовження терміну експлуатації крана;
- зниження споживання електроенергії та витратних матеріалів;
- скорочення витрат на техобслуговування та утримання персоналу;
- підвищення максимальної вантажопідйомності;
- зміна граничної висоти підйому;
- зміна швидкості руху крана;
- зміна способу керування краном (наприклад дистанційне керування);
- додавання кранових опцій;
- оснащення крана вантажопідйомними пристроями, які не передбачені виробником (наприклад, грейфером, траверсою тощо);
- підведення альтернативних джерел живлення до крана;
- підвищити безпеки експлуатації та виключення можливих аварійних випадків.

Необхідно відзначити, що при модернізації мають враховуватися фізичний знос та моральна застарілість обладнання для визначення економічної доцільності. Роботами з проведення модернізації повинна займатися спеціалізована організація.

## ***ПІДСЕКЦІЯ «КОЛІСНІ ТА ГУСЕНИЧНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ»***

### **ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УКРАЇНІ**

**Швая Т.М., керівник ст. викл. Сидоренко В.К.**

**Український державний університет науки і технологій**

На сьогоднішній день усі різновиди транспорту значно зашкоджують біосфері, при цьому самим небезпечним є автомобільний транспорт. В усіх країнах світу на даний момент нараховується більше 600 млн. автотранспортних засобів, кожен з яких усереднено викидає близько 4 кг чадних газів протягом доби, а також великий обсяг таких речовин, як оксиди азоту, сірка, сажа. Використання етильованого бензину, який в своєму складі містить свинець, призводить до потрапляння цього високотоксичного елементу у вихлопні гази ТЗ. Сьогодні в більшості міст України автомобільний транспорт забруднює атмосферу майже на 30%. Окрім того автотранспорт «забирає» кисень з атмосфери, для транспортних засобів постійно розширюється мережа доріг із

твердим покриттям, що сприяє зменшенню зелених зон на планеті. Крім цього необхідно враховувати інтенсивність навантаження на рухомий склад і особливо бойової техніки, яка пов'язана з агресією російської федерації проти України а також шкода екології в ході бойових дій.

Від загального технічного стану транспортного засобу, а особливо від двигуна, як джерела найбільшого забруднення, залежить кількість шкідливих елементів, які потрапляють в атмосферу з відпрацьованими газами. Автомобілями викидаються ряд важких металів, таких як нікель, ртуть, хром, кадмій, цинк, залізо, миш'як, марганець і берилій, при чому деякі з них є високотоксичними навіть в невеликих концентраціях і небезпечні тим, що. можуть залишатися у повітрі близько тижня і переноситися на достатньо великі відстані. Автотранспорт згубно впливає не тільки на навколишнє середовище (атмосферу, ґрунт, воду), а й утворює ряд виробничих відходів.

На великий жаль в Україні екологічні стандарти Європейського Економічного Союзу (Євро-5, Євро-6 ) на даний час повністю не виконані.

### **СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ НАСОСІВ ПІДЖИВЛЕННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН**

**Орєшин О.А., керівник ст. викл. Лосіков О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

До конструктивних особливостей аксіально-поршневих гідронасосів, гідравлічної трансмісії мобільних машин, слід віднести застосування насоса підживлення шестеренчастого типу, який служить для запуску гідроприводу, забезпеченню тиску робочої рідини в магістралі керування робочим об'ємом і компенсації втрат робочої рідини. Зміна структурних параметрів технічного стану деталей качаючого вузла насоса підживлення, під час експлуатації, приводить до зростання зазорів, через які збільшуються витoki робочої рідини із зони високого тиску до зони низького, що приводить до збільшення об'ємних втрат та зменшення об'ємного коефіцієнта подачі насоса і втрати його роботоздатності в цілому і як наслідок до відмови агрегатів гідроприводу трансмісії.

Для визначення технічного стану насоса підживлення проводять його діагностику. Діагностування параметрів технічного стану насоса підживлення виконують в наступні способи: виміром тиску в контрольних точках, вимірюванням його структурних параметрів, при випробуванні (застосування подачі насоса в якості діагностичного параметра). Перший спосіб дає інтегральну оцінку технічного стану насоса, останні – значно підвищують трудомісткість робіт.

Пропонується контролювати технічний стан насоса за градієнтом тиску робочої рідини в нагнітаючій магістралі насоса за час від початку запуску гідронасоса до виведення на робочий режим холостого ходу, який забезпечується визначеною чистотою обертання приводного валу. Даний спосіб, для насоса підживлення аксіально-поршневої гідромашини, який проходить контроль технічного стану, дає змогу зробити висновок про його фактичний стан, величину зношення деталей качаючого вузла, які обумовлюють об'ємні витрати робочої рідини і прогнозувати його залишковий ресурс.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГАЛЬМІВНОЇ КАМЕРИ ВАНТАЖНОГО  
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ПРУЖИННИМ ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРОМ**  
**Папченко О.О., керівник доц. Маліч М.Г.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Якісна зміна автомобільного парку, пов'язана із збільшенням маси, швидкості автотранспортних засобів, це призвело до посилення вимог, які пред'являються до систем управління автомобілем. Зокрема до таких систем відноситься гальмівна система автомобілів.

В даний час переважна більшість вантажних автотранспортних засобів випускається з пневмоприводами другого покоління. Це так звані багатоконтурні гальмівні системи. Необхідність виконання численних вимог при роботі гальмівної системи призвела до того, що привід ускладнився численними апаратами, магістралями і органами управління. Такий гальмівний привід встановлюється на автомобілях сімейства «КамАЗ», які широко використовуються в народному господарстві України. При багатьох позитивних якостях багатоконтурних гальмових приводів автомобілів сімейства «КамАЗ» найбільш частими несправностями є витіки повітря через порушення герметичності ущільнювальних кілець, манжет, поламки пневмоприводів, замерзання вологи в приводі при негативних температурах. У процесі експлуатації енергоаккумуляторів зношуються і виходять з ладу ущільнення поршня в циліндрі і труби штовхача в корпусі, що веде до пригальмовування автомобіля і як наслідок до збільшення витрати палива і зношування гальмівного механізму. При обриві пневмопроводів, що підводять стиснене повітря в енергоаккумулятор для розгальмовування автомобіля, відбувається спрацьовування стоянкового гальма під час руху, що може призвести до виникнення аварійної ситуації та дорожньо-транспортної пригоди. Необхідність постійно, при русі автомобіля, подавати в енергоаккумулятори стиснене повітря призводить до того, що компресор знаходиться в робочому стані значний час, здійснюючи підживлення стоянкового контуру. При цьому відбувається зношування навантажених деталей компресора.

Мета роботи полягає в удосконаленні конструкції гальмівної камери з пружинним енергоаккумулятором пневмоприводу автомобілів сімейства КамАЗ. Запропонована модернізація гальмівної системи, зокрема конструкції пружинного енергоаккумулятора і способу управління ним. Конструктивною відмінністю його є застосування фіксуєчого механізму з дистанційним пристроєм розгальмовування. В результаті удосконалення знижується ризик виникнення аварійної ситуації на дорозі, спрощується процес аварійного розгальмовування. Одночасно відбувається зниження витрати палива, споживаного двигуном, на здійснення приводу компресора.

**АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВГОВІЧНОСТІ  
ВІДРЕМОНТОВАНИХ НАСОСІВ МОДИФІКАЦІЇ НШ-К**  
**Вавронішин М.В., керівник доц. Мельянов П.Т.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Експлуатаційна практика показує, що на долю насосів модифікації НШ-К припадає близько 22-26% від загальної кількості відмов. Як правило, усунення відмови характеризується простоюванням мобільної машини, втратами робочої рідини, витратами на купівлю нового насоса або його ремонт. Втрата працездатності насосів обумовлюється зміною технічного стану деталей спряжень качаючого вузла: «підшипникова обойма – цапфа шестерні», «підтискаюча обойма – цапфа шестерні», «платик – торець зуба», та ін. Таким чином, можна висунути припущення, що якість

ремонті насосів та їх довговічність буде залежати від точності механічної обробки деталей, які відновлюються способом ремонтних розмірів, а також від фізико-механічних властивостей нанесених покриттів та їх механічного оброблення. Розглянутий теоретичний взаємозв'язок між геометричними розмірами шестерні, які закладаються при їх механічному обробленні під ремонтний розмір, і післяремонтним технічним ресурсом насоса показує, що при механічному обробленні шестерні під другий ремонтний розмір технічний ресурс насоса зменшується на 10...12 % від ресурсу нового насоса, а для насоса НШ-50К (другого ремонтного розміру) він зменшується на 9-10%. Отримані результати теоретичних досліджень показують, що відхилення геометричних розмірів шестерні від номінальних значень в результаті механічної обробки в сторону зменшення, обумовлюють зниження вихідних функціональних параметрів насоса, а також зменшення його довговічності.

### **ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЬНОГО ПІДЙОМНИКА ДЛЯ ВОДІЯ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ**

**Григоренко О.В., керівник доц. Анофрієв П.Г.**

**Український державний університет науки і технологій**

Створення механізмів і пристроїв які допомагають людям з інвалідністю є соціально важливим завданням. Огляд і аналіз конструкцій підйомників свідчить, що значна їх кількість обладнана електричним приводом. У процесі пуску або зупинки приводу виникають коливання несучих ланок підйомників і динамічні навантаження. Ефективність досліджень коливань деталей підйомника досягається із застосуванням чисельних методів і імітаційних моделей, створених інструментами візуального програмування.

У роботі дано опис запропонованої математичної моделі вільних коливань ланок підйомника з живленням від бортової мережі автомобілю. На основі математичної моделі розроблена імітаційна модель руху конструкції підйомника. Імітаційна модель створена за допомогою інструментів візуального програмування додатка Simulink, яке працює під управлінням системи Matlab. При моделюванні використані компоненти бібліотек Simulink, SimMechanics і DSP System Toolbox. Моделювання вільних коливань виконано із врахування конструкційного демпфування енергії та різних схем навантажень підйомника. Отримані результати дозволяють визначити динамічні навантаження на початку руху підйомника.

Запропонована S-модель дозволяє автоматизувати і візуалізувати дослідження динаміки руху ланок підйомника; прискорює визначення раціональних пружно-масових, кінематичних і динамічних характеристик конструкції. Моделювання коливань було виконано з використанням проектних параметрів підйомника.

### **ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ-САМОНАВАНТАЖУВАЧА ПІД ЧАС ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ**

**Гудемюк Б.В., керівник доц. Анофрієв П.Г.**

**Український державний університет науки і технологій**

Автомобілі-самонавантажувачі із стріловидними кранами достатньо поширено використовують для транспортування пікетованих вантажів (контейнерів). Такі автомобілі, обладнані гідравлічними кранами, що змонтовані на рамі автомобіля між кабіною і вантажним кузовом і згортаються в транспортному положенні. Крани поворотні, консольного типу вантажопідйомністю 0,5...1,5 т. Під час проведення вантажних робіт відбуваються динамічні навантаження конструкції крану і коливання

вантажу. Визначення характеристик цих процесів є важливою розрахунковою задачею. Імітаційні моделі, що створені блоками візуального програмування Simulink із застосуванням чисельних методів дозволяють полегшити і автоматизувати дослідження цих динамічних процесів.

У роботі дано опис математичних моделей коливань вантажу, динаміки навантажень металоконструкції крана і вантажних канатів. На основі математичних моделей – систем диференційних рівнянь, побудовані s-моделі динаміки крану у «довідривному» і «післявідривному» періодах підйому вантажу. S-моделі складено за допомогою інструментів візуального програмування додатку Simulink. При моделюванні використані компоненти бібліотек Simulink, SimMechanics і DSP System Toolbox. Отримані результати дозволяють оцінити сили, що діють на систему «автомобіль – кран – вантаж» під час завантаження вантажу.

Розроблені і налагоджені s-моделі можуть бути корисними у дослідженнях під час модернізації та удосконалення конструкції автомобілів-самонавантажувачів.

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОЛІСНОЇ ТА ГУСЕНИЧНОЇ ТЕХНІКИ**

**Гармашова К. В. , керівник доц. Нестеренко Г. І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Більшість сучасних виробників поряд з колісним типом рушія пропонують моделі на гусеничному ході. Вибір того чи іншого типу ходової системи залежить від ряду факторів: універсальність, зручність застосування, простота ремонту або технічного обслуговування, конкретні виробничі умови при виконанні операцій, вартість придбання техніки і витрати грошових коштів на її експлуатацію, витрата палива, зручність пересування по асфальтованих дорогах і багато іншого

Якщо розглядати ціновий діапазон, можна зробити висновок, що гусенична техніка при інших рівних умовах коштує дорожче, оскільки такий тип рушія має більшу кількість складових деталей і вузлів. Наявність додаткових елементів в конструкції гусеничного ходу є причиною додаткових витрат праці та коштів на очищення, обслуговування та ремонт. Заміна рухомих елементів гусениць внаслідок їх зносу також обійдеться в рази дорожче заміни зношених шин колісного трактора. У зв'язку з цим, за критерієм витрат на придбання, ремонт і технічне обслуговування колісної техніки має певні переваги.

Основна перевага гумових гусениць полягає в збільшеній площі контакту, що створюється за рахунок розтягування між приводними і опорними елементами гусениць. Напівгусеничний хід також має в цьому плані деякі переваги в порівнянні з колісним ходом техніки.

За рахунок зниження витрат часу на виконання регулювань підвищується продуктивність, оскільки гусеничний рушій не вимагає істотних налаштувань. Єдине, що можна зробити для збільшення зчіпної ваги техніки – забезпечити установку додаткового баласту в передній частині. Колісний рушій вимагає регулювання і контролю тиску повітря в шинах в залежності від виконуваних операцій і стану ґрунту.

При використанні баластних вантажів гусеничний рушій здатний працювати з мінімальним буксуванням до 3-5 %, в той час як техніка на колісному ході з баластними вантажами і оптимальним тиском повітря в шинах працює з буксуванням до 8-12 %. При такій різниці в буксуванні рушія виникає очевидне припущення, що для виконання однієї і тієї ж операції в рівних умовах та ідентичними машинами, які відрізняються тільки типом рушія, гусенична техніка буде витрачати менше палива.

Також відіграє свою роль те, що колісна техніка не може конкурувати з гусеничною по прохідності в важких умовах експлуатації. У разі несприятливих

погодних умов, затяжних проливних дощів, пізньої весни або ранньої осені військової техніки та самохідним машинам доводиться долати перешкоди на ґрунті з низькою несучою здатністю. У більшості випадків гусеничний хід забезпечить кращу прохідність.

Якщо порівнювати колісний і гусеничний хід, то перевага безумовно залишається за гусеничним трактором, для якого радіус повороту істотно менше. Колісна техніка дозволяє розвивати трохи більшу швидкість і забезпечує м'який хід по дорогах з твердим покриттям, що робить критерій пересування по асфальтованих або бетонних дорогах дискусійним для виявлення переваг того чи іншого типу рушія.

## **ВПЛИВ ГУСЕНИЧНОЇ ТА КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ НА АСФАЛЬТО-БЕТОННЕ ПОКРИТТЯ**

**Андрущенко В. М. , керівник доц. Музикін М. І.**

**Державний університет інфраструктури та технологій**

Гусенична техніка може впливати на асфальтне покриття, особливо якщо вона використовується неправильно або виникають певні проблеми в процесі експлуатації. Розглянемо детальніше проблеми, що виникають в процесі експлуатації гусеничної техніки. Перша з них є тиск на ґрунт: гусенична техніка, особливо великі й важкі машини, можуть залишати великі тискові навантаження на асфальт, якщо тиск на асфальт перевищує межі його міцності, то це може спричинити пошкодження дорожнього покриття, включаючи тріщини, провали і деформації. По-друге, зношування поверхні: гусениці машин можуть створювати тертя на поверхні асфальту, особливо під час поворотів або руху вздовж асфальтової дороги. Це тертя може спричиняти зношування асфальту, що призводить до його пошкодження та скорочення терміну експлуатації. По-третє, руйнування краю проїзної частини: неправильне використання гусеничної техніки або недосконалі гусениці можуть призводити до руйнування краю асфальтового покриття. Наприклад, якщо гусенична машина недосконало маневрує або рухається занадто близько до краю дороги, це може призвести до обвалу або розшарування асфальту. Четвертою проблемою можемо відмітити порушення рівня: нерідко проходження гусеничної техніки по асфальтовому покриттю може призводити до порушення його рівня. Це може спостерігатися у вигляді нерівностей, провалів або виступів на поверхні, що може створювати незручності для водіїв та пішоходів. Щоб зменшити вплив гусеничної техніки на асфальтно-бетонне покриття, часто використовуються заходи захисту, такі як розподілення навантаження, використання спеціальних матеріалів або застосування захисних шарів. Крім того, важливо правильно використовувати гусеничну техніку і дотримуватися рекомендацій виробників для зменшення можливих пошкоджень асфальтового покриття. З метою зменшення руйнування дорожнього полотна використовуються спеціальні прокладки (з гуми, пластику чи поліуретану). Надовго їх не вистачить, вони швидко зношуються, вони «злетять», якщо гусенична техніка з'їде з асфальто-бетонної дороги.

Колісна техніка також може впливати на асфальтне покриття, але вплив від колісної техніки може відрізнитися від гусеничної техніки. Проаналізуємо деякі види впливу колісної техніки на асфальто-бетонне покриття. Тиск на ґрунт: вага колісної техніки розподіляється на кілька коліс, що зменшує тиск на кожне колесо порівняно з гусеничною технікою. Однак, надмірний тиск внаслідок руху важкої колісної техніки (автопоїзди) також можуть спричинити деформацію, тріщини або провали на поверхні асфальту. Зношування поверхні: великі навантаження або часті маневри колісної техніки можуть сприяти швидшому «зношуванню» асфальту, особливо на поворотах, де створюється надлишкове тертя. Окремо слід виділити вплив вібрації: колісна техніка

може створювати вібрацію під час руху, яка може впливати на цілісність асфальту і сприяти його пошкодженню, особливо якщо дорожнє покриття має вже існуючі дефекти. Для зменшення впливу колісної техніки на асфальто-бетонне покриття можуть використовуватися деякі заходи, такі як застосування спеціальних шин з меншою абразивністю, регулювання тиску в шинах, розподілення навантаження на більшу площу або використання додаткових захисних шарів на поверхні асфальту. Важливо також дотримуватися рекомендацій виробників і використовувати колісну техніку з урахуванням вимог до дорожнього покриття.

### **АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ КОЛІСНОЇ ТА ГУСЕНИЧНОЇ ТЕХНІКИ**

**Рудь М. В., керівник доц. Бібік С. І.**  
**Державний університет інфраструктури та технологій**

В роботі досліджуються відмінності між двома основними типами колісної і гусеничної техніки. Такий аналіз є важливим, оскільки вибір між цими двома типами техніки має велике значення в багатьох сферах, зокрема в будівництві, сільському господарстві, військовій справі та інших. Слід відзначити наступні переваги і недоліки колісного і гусеничного транспорту. Переваги колісного транспорту: універсальність застосування; плавний рух по дорогах з твердим покриттям; зручне рульове управління; низькі витрати на придбання, технічне обслуговування та ремонт; висока транспортна швидкість. Недоліки колісного транспорту: порівняно високе буксування; підвищена чутливість до нерівностей ландшафту; незадовільна робота на схилах; низька прохідність на перезволожених ґрунтах. Переваги гусеничного транспорту: плавність ходу по полях з нерівним рельєфом; більш стабільна робота на схилах; висока маневреність; високі тягово-зчіпні властивості; можливість проходження на різних ґрунтах; потреба мінімального регулювання (в порівнянні з колісною технікою) для функціонування ходової системи. Недоліки гусеничного транспорту: низька керованість; низька ходова швидкість. Дослідження стану питання доводить, що гусеничні машини мають кращі, у порівнянні з колісними, прохідність, продуктивність, маневреність, тягово-зчіпні властивості, зручність і надійність роботи та можуть працювати у важких дорожніх умовах.

### **РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ**

**Попов С.Д., керівники доц. Главацький К.Ц., ст. викл. Черкудінов В.Е.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Ефективне використання машин забезпечується високим рівнем технічного обслуговування і ремонту, наявністю необхідного числа запасних частин.

Збалансоване забезпечення запасними частинами ремонтних підприємств і сфери експлуатації машин, як показують техніко-економічні розрахунки, доцільно здійснювати з урахуванням періодичного поновлення працездатності деталей, відновлених сучасними засобами.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5-8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Висока якість відновлення деталей може бути досягнуто спільними зусиллями інженерно-технічних робітників і робочих ремонтних ділянок, поліпшенням технології ремонтних робіт, підвищенням рівня організації і спеціалізації ремонтного виробництва. Подальший розвиток у цьому напрямку, створення добре оснащених заводів по ремонту агрегатів і машин.

Високий ступінь надійності і безвідмовності відремонтованої техніки забезпечується застосуванням сучасних методів організаційних форм капітального ремонту машин, що базуються на принципах спеціалізації, автоматизації і механізації ремонтних робіт, що виконуються на підприємствах, оснащених сучасним технологічним устаткуванням.

На підставі вищесказаного, робимо висновок, що на більшості сучасних автотранспортних підприємствах є всі реальні можливості до поліпшення організації ремонтного виробництва, отже тема роботи економічно виправдана.

Слід відмітити, що ресурс відремонтованих вузлів і агрегатів у значній мірі залежить від рівня технології і якості відновлення корпусних деталей.

Відновлення зношених отворів корпусів приводить до порушення міжосьових відстаней, співвісності отворів, паралельності осей, що є причиною низького ресурсу відремонтованих вузлів і агрегатів. Так, ресурс двигуна, зібраного з нових деталей і відновлених корпусів (блок циліндрів, голівка циліндрів, картер маховика й т. ін.) з порушеннями просторової геометрії становить менше половини ресурсу нових. У зв'язку із цим застосування оптимальних методів відновлення корпусних деталей є основним завданням.

Потреба рішення наукових і технічних питань на всіх етапах розробки технології відновлення деталей з необхідними експлуатаційними властивостями визначила актуальність даної роботи.

Задачі служби технічної експлуатації полягають в постійному підтриманні високої технічної готовності рухомого складу, забезпечення його безвідмовності, робото здатності, протягом встановлених термінів експлуатації.

Проведення вище перерахованих робіт та інших технологічних і організаційних задач сприяє підвищенню продуктивності праці при проведенні технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, забезпечує зменшення трудових і матеріальних затрат.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО МЕХАНІЗМУ БОРТА ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ**

**Тімонін О.С., керівники доц. Главацький К.Ц., ст. викл. Черкудінов В.Е.**

**Український державний університет науки і технологій**

Вантажні автомобілі з гідробортами на сьогодні дуже поширені. Гідроборти це підйомний механізм, який встановлюється в задній або бічній частинах кузова, призначений для підйому важких вантажів в кузов автомобіля та вивантаження з нього. Багато європейських компаній виробляє та продає такий вид обладнання.

Асортимент гідробортів включає моделі з вантажопідйомністю 300 ... 9000 кг.

Основною перевагою вантажних автомобілів, оснащених гідробортами, є можливість завантаження і розвантаження без естакади або вилочного навантажувача, що значно спрощує ці процеси. До того ж, монтаж і демонтаж гідробортів неважкий, оскільки виконаний за допомогою болтів або зварювання. Через це гідроборт можна досить легко переставити з одного автомобіля або причепа на інший.

До позитивних властивостей гідроборта відноситься і простота його технічного обслуговування щодо заміни масла в гідросистемі відповідно сезону та поповнення

мастил в підшипниках і шарнірах, перевірки зарядку акумуляторних батарей, миття всіх елементів гідроборта.

Гідроборт – це суворо регламентоване обладнання для установки на автомобіль або причіп. Виробники, установники і постачальники схем гідробортів несуть юридичний обов'язок гарантувати, що агрегати сконструйовані і встановлені відповідно до стандартів, а також забезпечені інформацією, що дозволяє їх безпечно використовувати. Кожна сторона в ланцюжку поставок відіграє життєво важливу роль в наданні гідроборта, щоб гарантувати його безпеку у використанні. У разі поломки гідроборта він повинен бути швидко і якісно відремонтований, з мінімізацією часу простою. Знаходження авто на сервісі через несправний гідроборт зазвичай дорого обходиться експлуатаційникам у вигляді упущеної вигоди.

У фокусі нашої уваги – один з варіантів підйомного обладнання, а саме перевантажувальна платформа. Даний тип підйомника зроблено за принципом автомобільного «гідроборту», робочий майданчик якого може перебувати у вертикальному положенні, коли не проводиться вивантаження.

Мета кваліфікаційної роботи: підвищення надійності роботи гідромеханізму борта вантажного автомобіля, а саме розрахувати та підібрати гідроапаратуру, яка дозволить використовувати гідроборт для ваги 3000 кг та мати підвищений коефіцієнт запасу міцності.

Проблематика використання машин з гідробортами включає різні аспекти, пов'язані з їх ефективністю, безпекою, станом устаткування та впливом на навколишнє середовище. Деякі з цих проблем включають: безпеку використання машини; технічний стан устаткування; ефективність його застосування, особливо з урахуванням потужності приводу, вплив на довколишнє середовище; вартість впровадження та підтримку машин з гідробортами у технічно справному стані.

Конструктивне рішення гідроборта полягає в створенні спеціального механізму для підйому і переміщення вантажів на вантажних автомобілях або інших транспортних засобах. Одним з відомих конструктивних рішень гідроборта є система гідропідйому, що включає в себе насос, гідроциліндр та інші гідравлічні елементи. Даний механізм працює за принципом гідравлічного підйому і дозволяє піднімати вантаж з землі до рівня платформи автомобіля. Аналогічні конструктивні рішення гідробортів можуть використовувати механізми на основі пневматичного підйому, електромеханічних систем або комбінації різних принципів.

## **АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛІСНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ**

**Соломенний О.С., керівник ст. викл. Черкудінов В.Е.**

**Український державний університет науки і технологій**

Основними технологічними процесами на відкритих гірських роботах є: підготовка гірських порід до виїмки, виїмально-навантажувальні роботи, транспортування кар'єрних вантажів та їх складування.

На невеликих кар'єрах навантажувачі застосовуються в якості основного виїмально-навантажувального обладнання в комплексі з автосамоскидами. На великих кар'єрах навантажувачі працюють зазвичай в поєднанні з потужними екскаваторами, зокрема, при селективній розробці складних вибоїв, представлених різносортовими рудами, при виїмально-навантажувальних роботах в умовах обмеженого простору, де ускладнена робота екскаваторів, для роботи на перевантажувальних пунктах, складах та ін.

Навантажувачі відрізняються своєю універсальністю. Вони здатні працювати в різних за потужністю кар'єрах, виконуючи функції виїмально-навантажувального або

виймально-транспортуючого обладнання, вести розробку складних вибоїв при обмежених розмірах робочих майданчиків, виконувати ряд допоміжних робіт.

Основні характеристики навантажувачів важливі для розрахунку продуктивності та безпеки під час робіт, а саме, зусилля відриву та статичне перекидне навантаження.

Завдяки універсальності, високій мобільності та маневреності, здатності виконувати вантажні та допоміжні роботи, можливості проводити зачистку робочих майданчиків, одноковшеві фронтальні навантажувачі можуть ефективно застосовуватися в комплексі з іншими видами виймального устаткування.

## **РОЗРОБКА ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ КОРОБОК ЗМІНИ ШВИДКОСТЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**Фадєєв Д.Д., керівник ст. викл. Черкудінов В.Е.**

**Український державний університет науки і технологій**

Роботи з демонтажу та монтажу при обслуговуванні рухомого складу є найбільш трудомістким, у зв'язку з цим, одним із основних завдань автомобілебудівного виробництва компанії є підвищення рівня механізації.

Для виконання цих завдань при ремонті редуктора використовуються стійки різних типів, які класифікуються за такими характеристиками:

- по способу привода;
- по призначенню;
- по числу обслуговуючих робітників;
- по характеру і способу закріплення агрегату;

При аналізі виробничо-технічної бази авторемонтних підприємств було встановлено, що реалізація резервів підвищення ефективності капітального і поточного ремонту автомобілів забезпечить подальше вдосконалення технології і організації авторемонтного виробництва та підсилить вплив автомобільної промисловості у формуванні технічного рівня ремонтних заводів, в сфері розробки і освоєнні технології відновлення деталей і механізмів автомобіля.

Застосування передових рішень в області ремонту і діагностики коробок передач вантажних автомобілів є актуальним завданням при експлуатації автомобільного транспорту.

Аналіз організації та стану управління виробництвом в авторемонтному секторі показують, що рівень організації роботи не відповідає вимогам виробництва. У зв'язку з цим необхідно сформулювати заходи щодо вдосконалення організації та управління виробництвом.

Було б доцільно провести розрахунок показників ефективності проекту на господарські потреби підприємства.

Якщо виявиться, що термін окупності реконструкції дільниці біля одного року або індекс прибутковості інвестицій більше одиниці та чиста приведена вартість проектних рішень більше нуля, то це буде свідчить про ефективність запропонованих рекомендацій по реконструкції дільниці поточного ремонту коробок передач.

## **ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА**

**Худенко Є.В., керівник ст. викл. Черкудінов В.Е.**

**Український державний університет науки і технологій**

В даний час однією з головних проблем компаній, що займаються вантажоперевезенням, є необхідність контролю витрат палива. З урахуванням активного зростання цін, для багатьох власників такого бізнесу зменшення витрат палива стає все більш актуальним питанням та зростають вимоги до систем контролю палива.

Для задоволення цих потреб необхідно пошук, вивчення та практичне використання апаратних шляхів підвищення точності вимірювання витрати палива.

Акустичний метод вимірювання витрати рідин і газів являється одним із кращих в своєму роді. Практичне застосування методу ускладнюється низкою властивих йому негативних факторів.

Останнім часом розвиток отримали електромеханічні прилади для вимірювання витрати різноманітних рідин і газів.

Найбільш поширеними і добре освоєними споживачами до недавнього часу були засоби вимірювання, засновані на методі змінного перепаду тиску, тахометричні і електромагнітні. У меншій мірі були поширені інші, в тому числі ультразвукові витратоміри.

Слід зазначити, що ідеального засобу для вимірювання витрати не існує і кожен з цих методів має свої переваги і недоліки, тому найважливішим завданням є оптимальний вибір засобу вимірювання з урахуванням особливостей методу вимірювання витрати, умов експлуатації, апаратної та метрологічної надійності, вартості, експлуатаційних витрат, можливості включення приладу в комп'ютерну мережу, можливості зберігання і передачі інформації, додаткових сервісних можливостей.

## **ПРОЕКТ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ ЗАЗ ЛАНОС НА ЕЛЕКТРОТЯГУ**

**Грінюв С. П., керівник ст. викл., Посмітюха О.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

Проблема розвитку автомобілебудування в Україні завжди була гострою. Мізерний асортимент, та посередня якість автомобілів, що виготовлялись в нашій країні заставляв інженерів самотужки працювати над модернізацією та удосконаленням своїх автомобілів. Суттєве удорожчання нафтопродуктів також спонукає до роздумів. Щоразу інженери звертають увагу на альтернативні джерела енергії найпопулярнішою з яких є електроенергія. Стрімкий розвиток та вдосконалення способів зберігання та передачі електроенергії ще більше сприяє цьому. Хоча на сьогоднішній день в Україні спостерігається дефіцит електричних потужностей використання електроавтомобілів стає дедалі популярнішим.

В роботі передбачено заміни двигуна внутрішнього згорання на електричний двигун в поєднанні з традиційною коробкою зміни швидкості, що дасть змогу зменшити потужність приводу, а відповідно і потужність елементів приводу: акумуляторних батарей, контролер, силові елементи та елементи керування. Основна маса водіїв долають за день відстані від 10 до 25 км на день, що передбачає суттєве збільшення пального традиційного автомобіля на 40-25% через коротке плече поїздки, а використання електроприводу не передбачає прогрівання двигуна та поступового

виходу на оптимальні режими через 3-5 км руху. Проблеми на енергетичному ринку компенсуються суттєвим зниженням вартості сонячних панелей та решти елементів сонячної енергетики. Поєднання всіх факторів дасть змогу знизити собівартість поїздки по місту до 1-1,5 грн/км, чого практично не можливо досягти з використанням двигунів внутрішнього згорання. Передбачається виконання економічних розрахунків вартості переобладнання та терміну окупності в умовах енергетичної кризи в Україні спричиненої агресією московії.

## **ПРОЕКТУВАННЯ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ.**

**Дубовик Д. С., керівник ст. викл., Посмітюха О.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

Автомобілі підвищеної прохідності передбачають використання повного приводу, блокування міжосьового та міжколісного диференціалів, що змушує обертатись привідні колеса з однаковою кутовою швидкістю та збільшує прохідні властивості транспорту. Інтенсивне використання повнопривідних автомобілів в умовах бойових дій окремо передбачає і збільшення кліренсу, що в свою чергу збільшує прохідність та зменшує вплив вибухової хвилі на елементи автомобіля у випадку підризу на мінах. Збільшення розмірів коліс потребує збільшення крутного моменту на привідних осях, а це в свою чергу потребує збільшення габаритних розмірів елементів приводу та збільшення потужності приводу, або заміни коробки зміни швидкості на більш тихохідну. Проведений аналіз показав можливість використання стандартних приводів за рахунок додавання до приводу автомобіля бортових редукторів, що зменшить кутову швидкість колеса та підвищить крутний момент на ньому за рахунок зміни передаточного числа. Огляд показав можливість використання редукторів з внутрішнім та зовнішнім зачепленням циліндричних зубчатих коліс, планетарних редукторів, редукторів з конічними передачами.

В роботі передбачається проектування циліндричного редуктора з косозубими колесами, в корпусі з легких сплавів та зменшеним гальмівним диском, що розміщується в дискові колеса та не випирає за габарити. Така компоновка дає можливість суттєво підняти авто, а розширення колісних арок дасть змогу використати колеса низького тиску, що в свою чергу знизить тиск на ґрунт та унеможливить підривання машини на протитанкових мінах які спрацьовують на навантаження. Проектування таких машин дасть змогу об'єднати цікаві думки різних людей та створити універсальну швидкохідну бойову одиницю. Основними вимогами до конструкції редуктора є маса, габаритні розміри, мінімальна вартість та простота конструкції, що дасть можливість виготовляти її на типових машинобудівних підприємствах.

## **ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ S-TRONIC АВТОМОБІЛЯ AUDI R8**

**П'ятков С. К., керівник доц. Куроп'ятник О. С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Коробка передач КП 0BZ S-tronic автомобіля Audi R8 – 7-ступінчаста, повністю синхронізована двухвальна коробка передач з перемикаючими муфтами з 7 передачами переднього ходу та однією заднього ходу, з електрогідравлічним управлінням, для середньомоторного компонування, з диференціалом, що блокується, в головній передачі задньої осі і вихідним валом КП для головної передачі передньої осі. В

коробки передач є 2 вторинних вала та 2 первинних вала. Така коробка передач складається з двох основних частин та двох відповідних фрикційних муфт K1 та K2, об'єднаних в одну подвійну фрикційну муфту мокрого типу з електрогідравлічним приводом і масляним охолодженням, окремим охолодженням фрикційних муфт K1/K2; муфти K1 і K2 розташовані одна за одною і мають однакові розміри та однакове число дисків, автоматичний режим із різними програмами перемикання та режим tiptronic для ручного перемикання передач як кулісою, так і підрульовими пелюстками. До першої частини КП належать непарні передачі 1-3-5-7, до другої частини – парні передачі 2-4-6 та передача заднього ходу. У певний момент часу включено лише одну частину КП, тоді як до іншої частини заздалегідь під'єднано наступну потрібну передачу. Якщо, наприклад, прискорюватися на 3-й передачі, то у другій частині КП включено 4-ту передачу.

Момент від двигуна передається через двомасовий маховик та провідний елемент на корпус муфти і далі на кришку корпусу муфти. Кришка муфти зі маточиною муфти пов'язана кінематично. Маточина муфти, у свою чергу, пов'язана з внутрішніми барабанами обох муфт. Фрикційна муфта K1 передає момент на той зовнішній барабан, який з іншого сторони кінематично пов'язаний із першим первинним валом. Фрикційна муфта K2 передає крутний момент на другий первинний вал.

Подача мастила на зубчасті пари відбувається через спеціально спрямовані масляні форсунки, які підключені тільки до актуально завантаженої частини КП. Для цього до кожної частини КП підведено окремий маслопровід. У маслопроводі знаходяться невеликі форсунки, через які ATF направляється безпосередньо для змащення та охолодження шестерень передач. Зубчасті пари, які постійно навантажені, а також обидва вторинних вали з підшипниками та синхронізаторами забезпечуються охолодженням маслом окремо та постійно.

## **АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДУ АВТОМОБІЛЯ**

**Телятник І. С., керівник доц. Куроп'ятник О. С.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Міцність – це здатність деталей і вузлів приводу витримувати дію навантажень без руйнування. Тому питання міцності як певного приводу, так і конструкції мають першорядне значення.

Метою цієї роботи є аналіз показників міцності елементів приводу автомобіля з подальшим визначенням «слабких» місць, рекомендаціями щодо вирівнювання запасів міцності та покращення конструкції.

Розрахунок зубчатого зачеплення в коробці передач буде виконаний в два етапи з використанням систем автоматизованого проектування, таких як «Mathcad» та «SolidWorks». Перший етап включає в себе пошук та компоновання вихідних даних, вибір матеріалу для виготовлення зубчастих коліс, методики розрахунку та технології виготовлення, визначення робочих навантажень та граничних станів. На основі отриманих даних та вибраної методики за допомогою САПР «Mathcad» проводиться подальший розрахунок. Останній крок – аналізуємо та співставляємо проміжні результати з очікуваними.

У другому етапі ми повинні оцінити міцність деталей приводу без їх виготовлення та випробувань, визначити рівні напружень в місцях їх концентрації та знайти шляхи зменшення цих величин. Досягти цього можна за допомогою методу кінцевих елементів, який входить до складу SolidWorks Simulation. Суть методу полягає в тому, що досліджуване тіло розбивається на кінцеві елементи, в кожному з елементів довільно вибирається вид апроксимуючої функції і потім знаходяться

значення цих функцій на межах елементів. Перший крок – це створення 3D-моделі деталі або приводу з подальшим зазначенням матеріалу деталі. Другий крок – визначення граничних умов (навантажень та кріплень), створення сітки кінцевих елементів та запуск розрахунку. Фінальний крок це виведення результатів та їх аналіз. Результатами будуть розподіл напружень та деформацій в деталі (приводу), коефіцієнт міцності запасу приводу. На основі аналізу отриманих результатів буде сформовано загальні рекомендації щодо покращення конструкції приводу для забезпечення рівномірності деталей, надійності та довговічної роботи приводу.

## **EIN TECHNISCHES WUNDERWERK**

**A.V.Gnesnyi, Betr. M.L.Smyrnova**

**Ukrainische staatliche Universität für Wissenschaft und Technologien**

Das Elektroauto ist ein Fahrzeug, das auf den Straßen der Ukraine immer häufiger anzutreffen ist und jedes Jahr an Beliebtheit bei den Autofahrern gewinnt. Selbst eingefleischte Skeptiker lassen sich von den Vor- und Nachteilen dieses Wunderwerks der Technik nicht beirren. Aber was hat sich geändert und warum sind Elektroautos zu einem so beliebten Verkehrsmittel geworden? Erstens haben die Autofahrer alle Vorteile des Autos erkannt, und zweitens entwickelt sich die Infrastruktur für die Aufrechterhaltung der Leistung des Fahrzeugs aktiv weiter, d. h. der Bau neuer und die Modernisierung bestehender Tankstellen für das Betanken, d. h. das Aufladen, und die Wartung von Elektroautos.

Ein Elektroauto hat eine sehr einfache Struktur, die auf den bekannten Gesetzen der Physik beruht. Der Aufbau des Fahrzeugs unterscheidet sich in den meisten Fällen nicht von dem eines klassischen Autos, da das Konzept des Fahrgestells, der Karosserie und der Bedienelemente beibehalten wird. Der Unterschied besteht darin, dass ein Elektroauto mit elektrischem Strom betrieben wird, während ein klassisches Auto zum Betrieb flüssigen Diesel oder Benzin benötigt.

Der Zweikomponentenmotor des Elektroautos, der aus einem Rotor und einem Stator besteht, funktioniert nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Ein elektrischer Strom mit einer bestimmten Frequenz fließt durch den Stator, und das darin erzeugte elektrische Feld wirkt auf den Rotor, der dadurch in Drehung versetzt wird. Durch diese Drehung wird mechanische Energie erzeugt, die zur Fortbewegung des Fahrzeugs beiträgt.

Der Strom wird von speziellen Batterien erzeugt, die an Bord des Fahrzeugs installiert sind. Je nach Modell des Elektroautos können die Batterien unterschiedliche Kapazitäten oder Ausführungen haben.

Das Getriebe in einem Elektroauto wird meist durch ein vereinfachtes einstufiges Getriebe ersetzt, dessen Aufgabe darin besteht, die hohe Drehzahl des Motors in die für die Übertragung auf die Antriebsräder erforderliche niedrigere Drehzahl umzuwandeln.

Trotz der eher einfachen Vorrichtung eines Elektroautos ist eine präzise und genaue Ausführung erforderlich. Zu diesem Zweck sind die Autos mit einem leistungsfähigen Computer ausgestattet, über den der Fahrer bei jedem Druck auf das Gaspedal, der Ausgabe von Informationen auf dem Display, dem Empfang und der Übermittlung von Befehlen des Fahrers an das Auto mit dem Fahrzeug in Kontakt steht. D.h. das Bordsystem eines Elektroautos ist für den Betrieb aller Systeme und Sensoren verantwortlich, steuert den Ladezustand der Batterie und den Druck der Bremsanlage. Man kann sagen, dass das komplexeste Element in einem Elektroauto seine Elektronik ist.

Wenn wir über die äußere Struktur der Karosserie sprechen, können wir die Versuche der Designer und Schöpfer feststellen, das Auto der Zukunft von der allgemeinen Strömung zu unterscheiden, indem sie ihm mit jedem neuen Bild mehr Originalität und Futurismus

geben. Kühne Formen und Kurven tragen dazu bei, die aerodynamische Leistung zu verbessern und Lärm und Vibrationen beim Fahren zu reduzieren.

Je nach den Besonderheiten der Fahrzeugeinrichtung und dem Verwendungszweck werden üblicherweise die folgenden Arten von Elektroautos unterschieden:

- Mikroelektrische Autos. Solche Autos sind für die Stadt mit ihrem dichten Verkehr konzipiert. Die Batterien der Autos haben eine kleine Kapazität, da die Autos für kleine Bewegungen konzipiert sind.

- Standard-Stadtautos. Es handelt sich dabei um PKWs mit geringer Leistung und Geschwindigkeit, die jeder kennt. Solche Autos haben Einschränkungen bei der maximalen Leistung, einen kleinen Raddurchmesser und ein geringes Gewicht. Im Allgemeinen - ein komfortables Stadtauto.

- Cargo-Elektroautos. Derzeit wird aktiv an der frühzeitigen Einführung solcher Fahrzeuge auf den Straßen der Städte gearbeitet, um die Umweltverträglichkeit durch Verringerung der Emissionen in die Atmosphäre zu verbessern.

- Personentransport. Straßenbahnen und Oberleitungsbusse sind in allen größeren Städten beliebte Verkehrsmittel, die mit Strom betrieben werden.

- Kreative Verkehrsmittel, wie Dreiräder oder Elektrofahrräder.

- Hybride. Hierbei handelt es sich um ein Fahrzeug, das einen Elektromotor mit einem Benzinmotor kombiniert.

## **ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА**

### *ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»*

#### **ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КАЛЬКУЛЯТОРІВ ВІД ВИРОБНИКІВ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА**

**Неглуб М.С., керівник проф. Анісімов В.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

У машинобудуванні час - найцінніший ресурс. Чим більше виробляється продукції - тим більший прибуток. У розробці технологічного процесу один з найбільш витратних етапів - розробка режимів різання. В еру універсальних верстатів для розрахунків використовували не один довідник, але з впровадженням ЧПУ та інструментів зі змінними пластинами необхідний лише інтернет та каталог інструменту.

Застосування стандартних твердосплавних пластин дає можливість заздалегідь отримати діапазон подач, глибини і швидкості різання. Також існують спеціалізовані калькулятори режимів різання, що дають змогу розрахувати всі необхідні технологічні параметри за кілька хвилин введення даних.

Розглядалися два калькулятори: "Sandvik Tool Guide" і "SPEEDOCTOR: SPEED & FEED CALCULATOR (MILLING, TURNING, DRILLING & GROOVING)".

Калькулятор компанії Sandvik-Coromant спеціалізований під їхні ріжучі пластини, що дає змогу використовувати їхні особливі розробки в області геометрії та інструменту. У даному калькуляторі на основі діапазону максимальної ефективності пластини і шорсткості підбирається швидкість різання, глибина різання, подача, потужність; розраховується робочий час і час між проходами.

Оскільки калькулятор SPEEDOCTOR не заточений під певну компанію твердосплавних пластин, то він вирізняється глибшою можливістю налаштування параметрів, а також дає можливість вибору компанії твердосплавних пластин і їхнього

сплаву, що дає більшу точність розрахунків, ніж простий калькулятор швидкості, який рахує за усередненими формулами.

## **НАРІЗУВАННЯ ЗУБІВ МЕТОДАМИ ФІРМИ «KLINGELNBERG» НА ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ РЕДУКТОРА «TATRA «RT8D5M»**

**Овчаренко К.Д., керівник доц. Негруб С.Л.**

**Український державний університет науки і технологій**

Розглянута деталь вал-шестерня призначена для передачі обертального руху в коробці швидкостей трамваю «TATRA «RT8D5M», тому має бути максимально стійкою до зносу.

Проблема надмірного зношування виявилася лише тоді, коли перша коробка передач прийшла до центральної майстерні міста Medlánka (Чехія) у серпні 2001 року. Було встановлено значне зношування передачі Gleason, що і привело всю коробку в несправність. Після тривалої експертизи та розрахунків було прийнято рішення до використання гепоїдних передач фірми Klingelberg Cyklo Paloid. Дана технологія характерна постійною висотою зубів по всій довжині зубчастого зачеплення, що забезпечує рівномірну пляму контакту. При цьому зубчасте зачеплення має більш високу зносостійкість і плавність ходу в порівнянні з технологіями обробки зубчастих коліс - аналогами.

На відміну від звичайних конічних передач, початкові конуси яких збігаються вершини і стосуються спільної твірної, вершини початкових конусів гепоїдних коліс не збігаються, а їх осі зміщені на величину так званого гепоїдного зміщення  $E = k_E d_{m2}$ , де  $k_E$  - коефіцієнт гепоїдного зміщення (зазвичай  $k_E = 0.2-0.3$ ), а  $d_{m2}$  - середній початковий діаметр колеса. Зазвичай, зуби гепоїдних коліс мають пропорційну меншу висоту від зовнішнього до внутрішнього діаметру, але при нарізванні зуба за технологією Klingelberg, зуби мають однакову ширину по всій довжині зубчастого зачеплення. Зачеплення забезпечується лінійний контакт зубів шестерні і колеса, завдяки чому передачі володіють великою навантажувальною здатністю.

Наскрізне проходження валу шестерні під валом колеса дозволяє ширше застосовувати двосторонні опори для шестерні, які збільшують жорсткість і навантажувальну здатність гепоїдних передач.

Порівняно з черв'ячними передачами з невеликими передавальними числами (менш 12) гепоїдні передачі, володіючи тією ж або навіть кілька підвищеною навантажувальною здатністю, дозволяють уникнути застосування антифрикційних матеріалів. Забезпечується кліренс. Завдяки наявності додаткового поздовжнього ковзання між зубами, гепоїдні передачі працюють більш плавно порівняно з конічними (в цьому відношенні наближаються до черв'ячних передач), відрізняються гарною припрацьовуваністю зубів і меншою гучністю. Можливість проектування і виготовлення для будь-якого кута схрещування осей шестерні і колеса. Завдяки тому, що в зачепленні знаходиться кілька пар зубів, передача може застосовуватися в механізмах високої точності.

До недоліків відносять схильність передачі до заїдання робочих поверхонь зубів, через що доводиться домагатися високої їх твердості ( $HRC > 40-60$ ) і використовувати протизадирні змазки (гепоїдні мастила). Складність виготовлення через складну форму зубів. Робота передачі при прямому і реверсивному обертанні неоднакова внаслідок асиметричності зачеплення.

Останнім часом значне поширення в промисловості отримав розроблений фірмою «Klingelberg» метод нарізання зубів з епіциклоїдною поздовжньої кривизною торцевими зуборізними головками – Cyklo Paloid. Цей метод

характеризується також постійною висотою зубів, володіє більш широкими технологічними можливостями порівняно з методом нарізання зубів черв'ячними фрезами.

### **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СУЧАСНОГО ПІДХОДУ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ НА ПРИКЛАДІ ВАЛУ РЕДУКТОРА**

**Іванов Д.Ю., керівник доц. Бондаренко С.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сучасний стан виробництва та світові тенденції вимагають більш відповідального вибору технологічних способів обробки деталей машинобудування та побудови технологічного процесу обробки в цілому. Особливо актуально це у післявоєнний період, коли відбувається відбудова промислових виробництв та встановлення сучасного обладнання.

З точки зору ефективності проектування технологічних процесів обробки деталей, на прикладі валу циліндричного редуктора, показана необхідність спираючись на існуючі та застосовувані раніше методи і підходи до обробки. Такий підхід дозволяє уникнути тупикових чи невірних рішень при вирішенні різноманітних задач завдяки використанню минулого досвіду. Комплексний аналіз такого підходу та використання сучасного обладнання дозволяє дотримуватись сучасних напрямків розвитку в сфері машинобудівного виробництва. В загальному випадку це приводить до зменшення витрат на процеси виготовлення конструкцій та їх елементів, зменшення тривалості обробки деталей за рахунок використання сучасного обладнання, матеріалів, пристроїв та поєднання декількох операцій в одну і т.п.

### **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

**Тимченко О.В., керівник ст. викл. Карабут В.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Процес розробки технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей складається з наступних етапів: аналізу креслення деталі і її технологічності; вибору методу отримання заготовки; креслення заготовки; формуванню маршруту виготовлення деталі; формуванню операцій виготовлення деталі; вибору технологічних і вимірювальних баз; визначення припусків, операційних розмірів і допусків на операції; вибору устаткування на операції технологічного процесу; вибору пристроїв на операції технологічного процесу; вибору різальних інструментів на операції технологічного процесу; вибору вимірювальних інструментів на операції технологічного процесу; визначення режимів обробки і норми часу на операції; оформленню технологічних карт.

На процес розробки ТП виготовлення деталей витрачається багато часу. Для зменшення часу на процес розробки ТП виготовлення деталей використовуємо комп'ютерну програму СПРУТ-ТП. У ознайомчій версії комп'ютерної програми СПРУТ-ТП змодельований процес розробки ТП виготовлення деталі у діалоговому режимі, який складається з наступних етапів: вибору матеріалу деталі, вибору методу отримання заготовки; формуванню маршруту виготовлення деталі; формуванню операцій виготовлення деталі; вибору устаткування на операції технологічного процесу; вибору пристроїв на операції технологічного процесу; вибору ріжучих інструментів на операції технологічного процесу; розрахунку режимів обробки і

нормуванням операцій, а також з оформленню бланків технологічної документації та виведенням їх на друк.

Програма СПРУТ-ТП призначена для автоматизації процесу розробки ТП виготовлення деталі, включаючи формування технічної документації: від конструкторської специфікації до виробничих документів. Використання програми СПРУТ-ТП дозволяє значно зменшити час на процес розробки ТП виготовлення деталі та швидко сформувати комплект технологічної документації.

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ВІСЬОВИХ СИЛ НА СТАНАХ ХПТ**

**Байдак Д.Г., керівник доц. Сьомічев А.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Аналіз причин виникнення вісьових сил на станах ХПТ.

Стани холодної пільгерної прокатки використовуються для отримання труб холодної деформацією. Отримання тонкостінних труб на станах ХПТ обмежується різницею між природнім катаючим радіусом та примусовим. Визначення природнього катаючого радіусу пов'язано з умовами деформації металу. Примусовий катаючий радіус пов'язаний з механізмами приводу валків станів ХПТ. Різниця між примусовим катаючим радіусом та природнім спричиняє вісьові сили. Наслідком високого рівня вісьових сил є гофроутворення, стикування, врізання торців, вигин стрижня оправки, а також поломка деталей обладнання. Суттєво зменшити вісьові сили можливо за умов використання механізмів приводу валків станів ХПТ з можливістю регулювання швидкості їх обертання.

## **ПЕРЕВАГИ ПРЕФАБ-ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА**

**Кірик М.М, керівник доц. Каряченко Н.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Префаб-технології передбачають, що споруди зводяться з типізованих фрагментів або частин, виготовлених у закритому цеху та доставлених на майданчик. Світова методологія використання префабів оформилася в Modern Methods of Construction (ММС) – розумне будівництво, яке спирається на інший арсенал, ніж звичне капітальне, монолітно-каркасне. ММС об'єднує будівельні альтернативи, які передбачають розроблення, виробництво в контрольованих умовах і масове застосування різноманітних конструкцій. Це можуть бути об'ємні елементи та модулі (наприклад, цілі кімнати або секції), панелі та плити, виготовлені з різних матеріалів, каркаси, збірні фундаменти тощо. Таке будівництво має певну специфіку у виконанні з'єднань, щоб досягти якісних показників міцності, енергоефективності та швидкості монтажу.

Новітні методи будівництва мають низку переваг. Це стабільна і висока якість продуктів, адже всі «напівфабрикати» виготовляються в контрольованих умовах: чистих, сухих вентильованих цехах. Будівництво з префабів максимально чисте, без великої кількості будівельного сміття. Воно практично не залежить від погодних умов і пори року й може здійснюватися невеликою бригадою фахівців без використання складних риштувань і тривалих робіт на висоті в «люльці». Проекти з використанням префабу реалізуються в рази швидше, ніж моноліт. Перераховані переваги є важливими для безпеки на будівництві.

## **INFLUENCE OF THE WORKING PART OF THE SKEW ROLLING MILL LINEAR GUIDE ON THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ROLLING**

**Nosirov T.N., Karimova A.R.**

**Tashkent State Technical University named after I. Karimov**

An increase in the share of equipment in the composition of fixed assets of production, an increase in its complexity and unit capacity, and the intensity of operation of machines and units is associated with scientific and technological progress. By ensuring basic reliability in the design and manufacturing process, as well as appropriate operation, the required level of operational reliability of metallurgical equipment can be achieved.

Metallurgical equipment as a machine as a whole contains parts and assemblies that are exposed to various loads, wear out and are destroyed during operation. When the external load exceeds the level of ultimate static strength, it leads to the destruction of parts and assemblies of metallurgical machines. In this case, the dimensions of external loads and strength parameters are random variables. Despite the large safety margins determined from the average values of maximum loads and strength characteristics, external loads may exceed the strength limits of parts.

The main factors influencing the reliability and durability of metallurgical equipment include: the mechanical properties of the metals from which the parts are made, the quality of their manufacture and design, hardening treatment, loading laws and operating conditions.

Parts of rolling equipment that work in contact with hot metal under conditions of high and rapidly changing temperatures are also subject to intense wear.

The linear guides of the working stand operate under conditions of continuous abrasion by the metal during rolling, experiencing high stresses under static loads and sometimes at high and sharply changing temperatures. Therefore, very high demands are placed on the quality of the guide bars, since it determines the normal operation of the mill, its productivity and the quality of the finished product.

The ball rolling mill uses linear guides made of 45 steel, which in turn have different geometric parameters of the working area. The working part of the guide ruler is designed depending on the lead-in of screw gauges. For super-lead screw gauges, there is an increase in the size of the working part, taking into account its forming and calibrating parts.

### **List of links:**

1. Shakhobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Theoretical problems of the linear guide of a ball rolling mill. international scientific and scientific-technical conference "Resource and energy-saving innovative technologies in foundry production". May 18-19, 2023, Tashkent, 273-275 p.
2. Shakhobutdinov R.E., Karimova A.R., Nosirov T.N. Theoretical justification of the forces acting on the linear guide of a ball rolling mill. "Innovation-2023" Tashkent State Technical University, Tashkent-2023. 103-105 p.

## **МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ**

### *ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»*

#### **ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ МАРКИ ЧАВУНУ ДЛЯ ГАЛЬМІВНИХ РУКАВІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ЗА ДАНИМИ АНАЛІЗУ МІКРОСТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

**Сидоренко А.В., керівник проф. Узлов К.І.**

**Український державний університет науки та технологій**

В роботі проаналізовані види та типорозміри рукавів з'єднувальних залізничного рухомого складу за ДСТУ ГОСТ 2593:2018. Ними є вироби типів Р<sub>1</sub>...Р<sub>4</sub> з чавуну ковкого за ДСТУ EN 1562:2019. Вивчення механічних властивостей чавунів з вермікулярним графітом дозволило визначити їх характеристики, які становлять  $\delta \geq 294$  МПа;  $\delta_{10}=6\%$ ; HB=100-163 для чавуну з феритною матрицею та  $\delta \geq 784$  МПа;  $\delta_{10}=1,5\%$ ; HB=270-320 для чавуну з перлітною матрицею. Мікроструктурним аналізом, за вимогами ASTM E3-11 (2017), ковкого та високоміцного чавунів показано, що, при однаковому наборі структурних станів матриці досліджених чавунів, принциповою їх різницею є форма графітних включень (вермікулярна та куляста, відповідно). Проаналізовані, також, сучасні технологічні процеси виробництва чавунів з вермікулярним за ДСТУ EN 1562:2019 і кулястим за ДСТУ 3925-99 та ДСТУ EN 1563:2018 графітом. Порівняльний аналіз механічних властивостей чавунів з вермікулярною формою графіту та з різним типом металевої матриці свідчить про те, що перехід від феритної структури до перлітної обумовлює падіння відносного видовження майже в десять разів: КЧ37-12 має відносне видовження 12% і КЧ80-1,5 має відповідний показник 1,5%. Подібна до цієї залежність спостерігається і для чавунів с кулястим графітом. Встановлено, також, що перлітні КЧ та ВЧ мають майже однаковий розмір  $\delta_{10}=1,5\%$  та  $\delta_{10}=2\%$ , проте КЧ і ВЧ с феритною матрицею демонструють подвійну перевагу ВЧ350-22 ( $\delta_{10}=22\%$ ) проти КЧ37-12 ( $\delta_{10}=12\%$ ). Перлітний чавун ВЧ1000-2 має значення тимчасового опору руйнуванню майже у 1,5 рази вищий за відповідний показник для КЧ80-1,5 ( $\sigma_b=1000$  МПа проти  $\sigma_b=784$  МПа). Тобто, за даними наявними роботи, є підстави рекомендувати ВЧ за ДСТУ 3925-99 (ДСТУ EN 1563:2018) у якості альтернативного раціонального матеріалу для виготовлення виробів «Рукави з'єднувальні залізничного рухомого складу» за ДСТУ ГОСТ 2593:2018.

#### **ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**Семенчевський Є.О., керівник проф. Погребна Н.Е.**

**Український державний університет науки та технологій**

Будівельні конструкційні сталі повинні мати оптимальні характеристики міцності та пластичності, високу ударну в'язкість, втомну міцність, низьку температуру переходу до крихкого стану. У багатьох випадках потрібен опір зношуванню та корозії.

Однією з найважливіших технологічних характеристик матеріалу для будівельних металевих конструкцій є зварюваність – вуглецевий еквівалент Секв. не повинен перевищувати 0,45-0,48%. Тому граничний вміст вуглецю в низьковуглецевих будівельних сталях не перевищує 0,25%.

Іншим важливим критерієм, який визначає експлуатаційну надійність будівельних конструкцій, є їх схильність до крихкого руйнування, яка характеризується

температурою переходу з в'язкого стану до крихкого (поріг холодноламкості).

Через великі обсяги споживання будівельна сталь повинна бути дешевою і не мати в своєму складі дорогих та дефіцитних елементів.

Ефективне підвищення міцності і в'язкості досягається різними видами термомеханічного оброблення – термозміцнення прокату і контрольована прокатка. Суть методу термозміцнення прокату полягає в його прискореному охолодженні після закінчення деформації. При цьому утворюються більш низькотемпературні продукти розпаду аустеніту. Перліт має більш дисперсну будову. Міцність сталі зростає на 30-50% при збереженні високих показників пластичності і зниженню порога холодноламкості.

Контрольована прокатка – різновид термомеханічного оброблення, вона становить оброблення металу тиском з регламентованою температурою закінчення прокатки (800-8500С) і заданим ступенем обтиску (15-20%) в останніх проходах.

Наведені методи сприяють інтенсивному подрібненню зерна фериту в процесі перетворення, досягається зростання опору втоми, зменшується схильність до утворення тріщин.

## **ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИРОБІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ**

**Комісаров К.А.; керівник проф. Погребна Н.Е.**

**Український державний університет науки та технологій**

Парові та водогрійні котли, пароперегрівники, трубопроводи гарячої води та пари працюють під тиском. Ці вироби виготовляють зі сталей, які володіють необхідним запасом міцності та пластичності, корозійною стійкістю.

При виготовленні об'єктів котлонагляду найпоширенішим матеріалом служать низько вуглецеві сталі. Вони дуже пластичні та тому добре піддаються обробленню тиском, гнуттю та правленню в гарячому і холодному станах, добре зварюються. У той же час ці сталі характеризуються цілком задовільними механічними властивостями: вони досить міцні при нагріванні до 4500С, не схильні до крихкого руйнування, добре сприймають динамічні навантаження.

Труби для поверхонь нагрівання парових котлів зазнають дії гарячих газів продуктів згоряння палива, тобто працюють в умовах, коли знижуються показники міцності. Для труб, які експлуатуються при температурі до 5000С застосовують низько вуглецеву сталь; до температур 550-5850С – низьколеговану жароміцну перлітну сталь; при вищих температурах – хромисті ферито-мартенситні та хромонікелеві аустенітні. Для виготовлення котлів та трубопроводів в основному застосовують безшовні труби, а також труби зі швом, одержаним електродуговим зварюванням.

В якості жароміцної сталі обрали конструкційну сталь перлітного класу 12Х1МФ, з якої виготовляють паропроводи, кріпильні деталі, пароперегрівники енергетичних установок, які працюють при температурах 500-5500С. Перлітні сталі містять відносно малу кількість вуглецю, хрому, молібдену і ванадію. Сталі цього класу використовують у загартованому або в нормалізованому і високо відпущеному стані.

## **ВИКОРИСТАННЯ СТАЛІ 08Ю ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНОГО ЛИСТА**

**Коваленко І.С., керівник доц. Котова Т.В.**

**Український державний університет науки та технологій**

Основною вимогою до властивостей тонколистового прокату є його здатність до глибокої витяжки при виготовленні деталей автомобілебудування заданої форми та розмірів. Якісна сталь для глибокої витяжки повинна відповідати багатьом вимогам по відношенню до хімічного складу, способу виробництва, якості поверхні листа і штамповки, мікроструктури та механічних властивостей.

Напівспокійна сталь дозволяє забезпечити однорідні механічні властивості листів за рахунок зменшення хімічної та структурної неоднорідності, однак, така сталь характеризується низькою здатністю до витяжки. Крім того, напівспокійна сталь схильна до старіння. Сталь 08Ю виплавляють за звичайною технологією, але з обов'язковим повним розкисленням металу.

Мікроструктура значно впливає на здатність листової сталі до витяжки. Сталь 08Ю із зерном витягнутої форми в структурі добре штампується. Для нестаріючої розкисленої алюмінієм сталі форма феритних зерен має важливе значення. Встановлено, що холоднокатані листи із нестаріючої сталі 08Ю зі структурою, що складається із зерен витягнутої форми, мають кращі механічні властивості, ніж листи з цієї ж сталі із структурою з рівновісних зерен.

Стандарти визначають для тонколистової сталі 08Ю, призначеної для глибокої витяжки, допустимі значення межі міцності, пластичності та глибини витискування за Еріксоном, а також оптимальні значення межі текучості, твердості та відношення  $\sigma_T / \sigma_B$  : межа текучості  $\sigma_T = 210$  МПа; межа міцності  $\sigma_B = 340$  МПа; відносна подовження  $\delta \geq 42\%$ ; твердість  $\leq 48$  HRB;  $\sigma_T / \sigma_B < 0,7$ ; глибина витискування за Еріксоном – 10,5-11,5 мм при товщині листа 0,8-1,5 мм.

Для підвищення міцності тонкого листа автомобільну сталь типу 08Ю модифікують фосфором. Технологічний процес виробництва листів із сталі 08ЮП складається із наступних параметрів нагріву, деформації та відпалу металу із врахуванням особливостей впливу фосфору на структуру прокату: температура завершення гарячої прокатки складає 860°C, згортання штаби в рулон після охолодження металу до температури 530°C, рекристалізаційний відпал холоднокатаних штаб завершують при температурі 720°C, дресирування нестаріючої сталі з фосфором здійснюють зі ступенем обтискування 1%.

Управління параметрами та контроль показників технології дозволяє вирішувати проблеми отримання холоднокатаних відпалених листів для глибокої витяжки в деталі кузова автомобіля.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОШКОДЖЕНЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ**

**Комеристий І.В., керівник проф. Миронова Т.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Колінчастий вал є складовою частиною [кривошипно-шатунного механізму](#) Це вал складної форми, призначений для перетворення зворотно-поступального руху (наприклад, поршня) в обертальний навколо своєї осі. Він має шийки, зміщені від осі обертання для кріплення шатунів, від яких сприймає зусилля і перетворює їх в [крутний момент](#).

Одним із найбільш вагомих пошкоджень колінчастих валів є знос, до якого особливо схильні шийки валів, що працюють у підшипниках. Абразивний знос найчастіше є наслідком попадання бруду при недбалю проведених роботах з очищення двигуна після його перебирання і ремонту. До іншої причини відноситься потрапляння в масло, що циркулює в підшипниках, твердих частинок продуктів зносу, під впливом яких на шийках і робочій поверхні вкладишів підшипників з'являються подряпини, а іноді і глибокі борозни. Однак більшість аварійних пошкоджень двигунів викликається втратою міцності деталей або вузлів та їх поломкою. При цьому в ряді випадків видимих причин поломки не виявляється, а діючі напруги зазвичай значно нижче за такі, при яких в даному металі відбувається руйнування або з'являється залишкова деформація. В подібних випадках звичайно стверджують, що поломка викликана «втомою металу».

Таким чином, основними показниками, що характеризують працездатність валів, є зносостійкість поверхні шийок і опір втомі при дії циклічних навантажень.

В даній роботі для виготовлення колінчастих валів обрано високоміцний чавун ВЧ50. Колінчасті вали з високоміцного чавуну виготовляють методом лиття, що дозволяє отримати заготовку найбільш бажаної форми, і тим самим досягти більш рівномірний розподіл напружень, і максимально наблизити литу заготовку до розмірів готового колінчатого валу.

Існує велика кількість технологій, спрямованих на покращення експлуатаційної надійності колінчастих валів, найбільш ефективними з яких є загартування з нагріву СВЧ, зміцнення променем лазера, нанесення на поверхню валів гальванічних, детонаційних, газотермічних покриттів, вібродугове наплавлення, електроіскрове легування, обробка висококонцентрованим плазмовим струменем, механічне зміцнення обкаткою роликми, наклепом дробом і т. д. Так, наприклад, реалізацію процесу зміцнення електроіскровим легуванням здійснювали за допомогою установки, в якій проміжок між дисковим електродом і деталлю в процесі обробки зберігається постійним, а електричний розряд забезпечується формуванням у ланцюзі імпульсів струму, що створюються генератором. Для електроіскрової обробки поверхні шийок колінчастих валів використовували електрод із сталі 12X18H10T, виконаний у вигляді диска діаметром 450 мм. Потужність розряду становила 1,5 кВт. Частота обертання валу  $5,5 \text{ хв}^{-1}$ , повздовжня подача - 0,4 мм. Після виконання операції ЕІЛ поверхню корінних і шатунних шийок полірували до шорсткості 0,63 мкм. Така обробка забезпечила утворення структур вторинного загартування і «білих» шарів глибиною до 0,3 мм, Твердість HV > 500 і щільність зміцнення в межах 75 - 80 % циліндричної поверхні кожної шийки.

В даній роботі в якості термічної обробки обрано нормалізацію при 880-900 ° з подальшим високим відпуском 720-740 °С. Після такої обробки отримуємо зернистий перліт і кулястий графіт. Також шийки чавунних колінчастих валів автомобільних двигунів піддавали поверхневому загартуванню шляхом індукційного нагріву. Після гартування проводили низький відпуск при 180-200 °С. Контроль якості валів тріщин не виявив. Оптимізація параметрів подальшого зміцнення колінчастих валів обкаткою роликми призвела до підвищення характеристик втоми за рахунок створення високого рівня залишкових напружень стискання та більш рівномірного розподілу їх по довжині зміцненої поверхні.

## **СПОСОБИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНСТРУМЕНТУ ІЗ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ**

**Салкуцан А.С., керівник проф. Миронова Т.М.**

**Український державний університет науки та технологій**

У сучасній практиці для підвищення надійності литого інструменту користуються різними прийомами поліпшення структури та властивостей швидкорізальної сталі, які можуть бути умовно поділені на металургійні та технологічні.

До металургійних відносяться способи, що дозволяють цілеспрямовано змінювати структуру швидкорізальної сталі на стадії первинної кристалізації розплаву, а саме: модифікування сталей різного складу; зміна базової системи легування; використання рафінуючих процесів електрошлакового та вакуумно-дугового переплавів; суспензійне лиття із введенням гетерогенних зародків кристалізації; зниження температури розливки за збереження достатньої рідкотекучості і прискорене охолодження у процесі кристалізації; магнітна та ультразвукова обробка розплаву та деякі інші. До технологічних способів відносяться: гаряча пластична деформація, термічна (насамперед гомогенізуючий відпал) та хіміко-термічна обробка.

За показниками твердості та теплостійкості литі швидкорізальні сталі мають, хоча й незначну, але перевагу над деформованими, що обумовлено специфікою литої структури, а саме підвищеним ступенем легованості твердого розчину, що досягається за рахунок вищої швидкості охолодження литої заготовки порівняно із більшими за розмірами металургійними виливками. Завдяки специфічним особливостям структури, литий інструмент має принципово меншу схильність до перегріву і, як наслідок, існують передумови для нормальної роботи литого інструменту при знижених динамічних і підвищених навантаженнях тертя. Результати промислових випробувань різців показали, що сітка евтектичних карбідів за рахунок ефекту розгалуженого армування зменшує інтенсивність абразивно-окислювального зношування при гострінні, а також уповільнює розвиток процесів пластичної течії матеріалу в тонкому поверхневому шарі інструменту, тим самим стабілізуючи його структуру на всіх стадіях експлуатації. Але для гарантування надійної роботи литого інструменту необхідно вирішити проблему підвищення ударної в'язкості литого металу.

Одним із способів вирішення проблеми підвищення ударної в'язкості є прискорене охолодження відливок із швидкорізальної сталі з кристалізацією розплаву із твердо-рідкого стану в рідкий азот. Такий спосіб лиття забезпечує однорідний розподіл та суттєве диференціювання евтектичних карбідів, а також більш високий ступінь легування твердого розчину основи. Перспективним є застосування ізотермічної витримки при 1570°C з подальшим термоцикуванням (ТЦО) при 1320 - 1250°C для зменшення карбідного зерна та формування розгалужених аустеніто-карбідних евтектичних колоній. Після затвердіння використання ТЦО при 1220 – 1000°C завдяки карбідним перетворенням, що відбуваються в метастабільних евтектичних карбідах в процесі високотемпературної обробки, дозволяє отримати подрібнену карбідну фазу з більш-менш рівномірним розташуванням в аустенітній матриці, що забезпечує підвищення механічних властивостей.

# MICROSTRUCTURE IN TIG WELDED AUSTENITIC STAINLESS STEEL WITH DIFFERENT N CONTENT

Dipl.-Ing. Caroline Quitzke, Dr.-Ing. Marco Wendler

Institute for Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

The theoretical microstructure evolution of the weld seam during solidification can be described using the Scheil-Gulliver model. In this study, the solidification of the weld seam of an austenitic stainless steel with a nitrogen content of 0.12 wt.% or 0.19 wt.% were investigated. The solidification calculations were conducted using the software Thermo-Calc. In general, the diffusion is assumed to occur in the liquid phase but not in the solid phase [1]. In this study, nitrogen is considered as fast diffuser, since nitrogen is an interstitial element. Therefore, only the diffusion of nitrogen in the solid phase is taken into account in the calculation. The results of the model were evaluated using light optical microscope images of the weld seams.

Figure 1 presents the solidification of the weld seams. Solidification starts with primary ferritic solidification independent of the nitrogen content. With decreasing temperature, the weld seam solidified as BCC ( $\delta$ -ferrite) until a solid phase fraction of 85 % was reached at 1400 °C. At this temperature, a small three phase region (L + BCC + FCC) is achieved. The solidification sequence changes from L + BCC to L + BCC + FCC. The residual melt solidified as FCC (austenite).

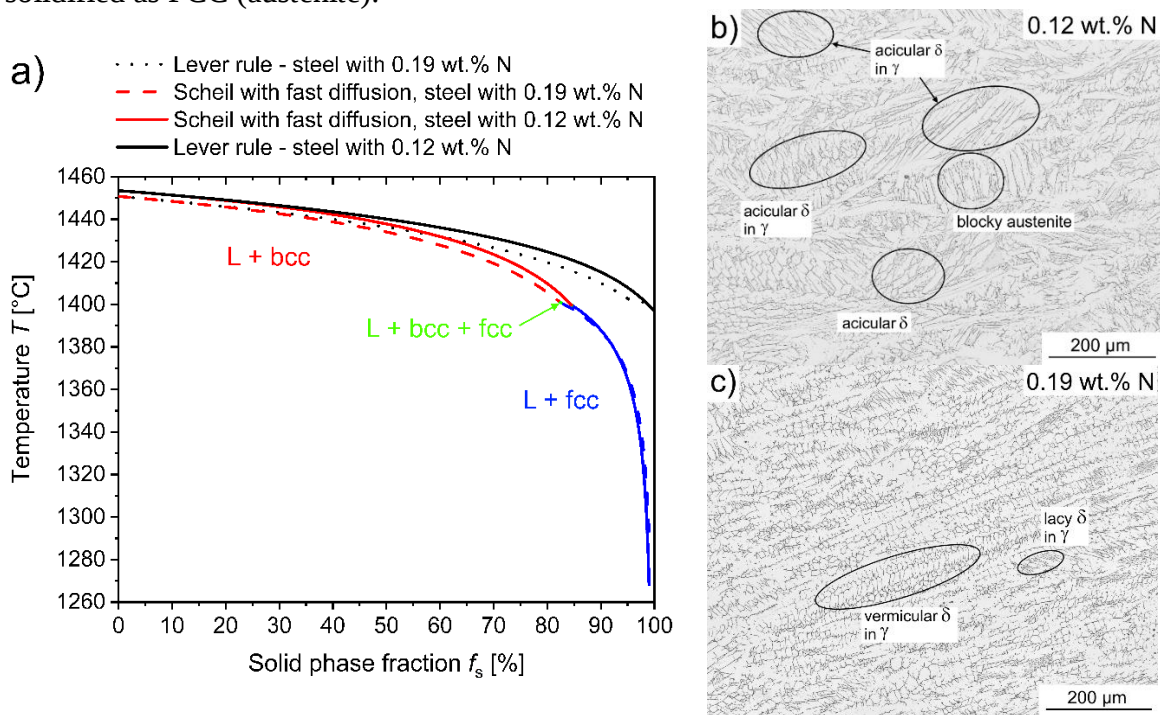


Fig. 1 Solidification of the weld seam: a) according to Scheil-Gulliver model with fast diffusion of N, b) microstructure of steel with 0.12 wt.% N at RT, c) microstructure of steel with 0.19 wt.% N at RT.

After the solidification, the BCC  $\rightarrow$  FCC transformation takes place [2]. The micrographs present a lacy and vermicular ferrite in the steel with 0.19 wt.% N which was indicative for FA type solidification. In contrast, there are acicular ferrite and blocky austenite in the steel with 0.12 wt.% N. These indicate a fully ferritic F type solidification [3].

## References:

5. S. Kou, Metals 2021, 11, 1442.
6. C. Quitzke, C. Hempel, C. Schröder, C. Schmidt, B. Arlet, S. Hinz, M. Mandel, L. Krüger, O. Volkova, M. Wendler, Journal of Materials Engineering and Performance, 2023, 32, 17, 7915.
7. C. Quitzke, C. Schröder, M. Mandel, L. Krüger, O. Volkova, M. Wendler, Welding in the World, 2022, 66, 11, 2217.

## *ПІДСЕКЦІЯ «ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ»*

### **РОЗРОБКА ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ БОРОВМІСНИХ СТАЛЕЙ**

**Литвин С.С., керівник, ст. викл. Соболенко М.О., ст. викл. Кокашинська Г.В.  
Український державний університет науки та технологій**

Розробка швидкісних режимів сфероїдизуючої обробки сталей, що використовуються для високоміцного кріплення є актуальним завданням [1].

При проведенні досліджень використовували зразки боровмісної сталі з різною вихідною структурою:

- бейнітно-ферітною (75 % б., 15 % ф.);
- ферітно-перлітно-бейнітною (60% ф., 30 % п., 10 % б.);
- феріто-перлітною (75 % ф., 20 % п.).

Серією експериментів [2] встановлено раціональні умови сфероїдизуючого відпалу сталеві заготовки з вихідною бейнітно-ферітною та ферітно-перлітно-бейнітною структурою. Вимоги до рівня властивостей сталі з вихідною феріто-перлітною структурою було досягнуто при реалізації режиму, що передбачає проведення подвійного нагріву. При цьому загальна тривалість відпалу склала приблизно 10 хвилин. Вказані у даній роботі параметри нагрівання та охолодження призводять до пересичення негомогенного аустеніту вуглецем, виникненню термічних напружень та генерації нових дислокацій і вакансій в наслідок релаксації напружень шляхом локальних пластичних зрушень. У результаті неминує виникає розшарування аустеніту, сегрегація атомів вуглецю біля дислокацій, що призводить до гетерогенного зародження великої кількості дрібнозернистих карбідів на дислокаціях.

**Висновок:** Встановлена залежність швидкості сфероїдизації карбідів сталі 30Г1Р при відпалі від вихідної структури заготовки. Сфероїдизація карбідів на рівні 80...90% забезпечується режимом відпалу мінімальною тривалістю 600 с.

Література:

1. Розробка швидкісних режимів сфероїдизуючої обробки боровмісної сталі/ В.П. Колпак, М.О. Соболенко, Г.В. Кокашинська // 8-а Міжнародна науково-технічна конференція «Технології термічної та хіміко-термічної обробки металів та сплавів «ОТТОМ-08». – 2007. – С. 47-51.
2. Пат. на корисну модель № 36892 України. Спосіб термічної обробки прокату з нізко- і середньовуглецевих сталей для холодного висадження. Колпак В.П., Лещенко А.М., Івченко О.В., Соболенко М.О., Кокашинська Г.В.; Заявл. 23.05.2008; Опубл. 10.11 2008.- 3 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ДЕФОРМОВАНOSTІ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ**

**Маленик Т.А., керівник, ст. викл. Соболенко М.О.**

**Український державний університет науки та технологій**

Розроблення удосконаленої технології виробництва дроту малих перетинів із високоміцної аустенітної сталі із застосуванням методів гарячої і холодної пластичної деформації і термічної обробки.

Структурні дослідження сталі Гадфільда 110Г13Л проводили методом світлової металографії. Гарячу деформацію литої заготовки здійснювали куванням на молоті типу МА 4134 і гарячою прокаткою на однокільтовому стані за температури 1000...1030 °С. Термічну обробку виконували в потоці волочильного стану з нагріванням в індукторі до температур рекристалізаційного відпалу і подальшим гарту.

Аналіз експериментальних досліджень показав принципову можливість отримання зі сталі Гадфільда холоднодеформованого дроту діаметром 2...5 мм, який може бути використаний в автоматах для зварювання та наплавлення.

**Висновок:** Розроблено режим, що включає нагрівання, комбінацію деформаційних операцій, а також регламентоване нагрівання і водяне охолодження за принципом вакансійного гарту, що в комплексі дає ефект дрібнозернистої структури, істотно знижуючи інтенсивність деформаційного зміцнення тонкого дроту з високоміцних сталей аустенітного класу.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ДРОТУ З ВУГЛЕЦЕВИХ МАРОК СТАЛІ**

**Майборода А.С., керівник проф. Перчун Г.І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Високоміцний дріт з вуглецевих марок сталі використовується при виготовленні канатів, пружин та арматури для попередньо напруженого залізобетону. Заготовкою для виробництва дроту є катанка діаметрами 5,50 мм; 6,00 мм; 6,50 мм; 8,00 мм; 9,00 мм. В залежності від марки сталі та призначення дроту термічну обробку дроту здійснюють в печах періодичної дії або в безперервно діючих установках для патентування та загартування і відпуску дроту. Для канатного дроту з вуглецевих марок сталі (0,7-0,9 %С) використовується технологія патентування у поточних агрегатах. Послідовність технологічних операцій патентування наступна: розмотування катанки/дроту; нагрівання дроту в патентувальних печах; ізотермічний розпад аустеніту в свинцевій ванні; промивання після патентування; травлення дроту; промивання після травлення; метрологічне забезпечення і контроль якості готової продукції.

Процес патентування полягає у нагріванні дроту вище критичної точки  $A_{c3}$  на 80-100°C (в залежності від марки сталі в інтервалі від 830°C до 960°C), що забезпечує однорідність аустеніту і оптимальний для волочіння розмір зерна; витримці при цій температурі з подальшим інтенсивним охолодженням у розплаві свинцю для ізотермічного розпаду аустеніту. Патентування проводиться з метою отримання мікроструктури згідно з ГОСТ8233 (шкала №1) патентованої заготовки за марками сталей: сталь 45-55 - сорбіт або сорбіт з уривками феритної сітки, допускаються ділянки вільного фериту; сталь 60-85 - сорбіт або сорбіт з уривками феритної сітки, допускаються ділянки дрібно-пластинчастого перліту. У заготовці, що патентується, з вмістом вуглецю до 0,80 %, допускається наявність ділянок голчастого фериту. Така

структура забезпечує високий ступінь деформації металу при подальшому волочінні та отримання необхідного комплексу механічних властивостей готового дроту. Використання комбінації термічної обробки дроту (патентування) і холодної деформації волочінням з високим ступенем деформації (до 90%) відноситься до термо-механічної обробки (ТМО) і дозволяє отримувати високий комплекс механічних і технологічних властивостей дроту з вуглецевих марок сталей.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОКОВОК З ВУГЛЕЦЕВИХ МАРОК СТАЛЕЙ**

**Кривобородов Д.В., керівник проф. Перчун Г.І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Поковка - це виріб, отриманий вільним куванням або гарячим штампуванням з металу або сплаву. За призначенням поковки підрозділяють на поковки загального призначення, поковки для енергоагрегатів, ковальсько-пресового устаткування, хімічного машинобудування і т.п. За механічними властивостями поковки поділяються на категорії міцності. Термічна обробка поковок є обов'язковою складовою технології виробництва. На ПрАТ «Дніпроважмаш» поковки з вуглецевих марок сталей підлягають таким видам термічної обробки: нормалізації з відпуском, загартуванню з відпуском та відпалу. Режим термічної обробки залежить від вимог до комплексу механічних властивостей поковок з урахуванням марки сталі, перетину і ваги виробу. Наприклад, для поковки зі сталі 45 використовують нормалізацію з відпуском за режимом: температура посади заготовки в піч - не більше 200°C, нагрів до температури нормалізації 840-860°C зі швидкістю 70-100°C/год. (в залежності від перерізу заготовки), витримка в печі 1,5хв/мм перерізу, охолодження поковок від температури нормалізації на повітрі до температури 250-450°C, після чого поковки негайно передаються на відпуск. Охолодження заготовок з вуглецевих марок сталей від температури відпуску проводиться на повітрі; при використанні легованих марок сталі – охолодження з піччю до 350 - 400 ° С, потім – на повітрі. Режим загартування поковок зі сталі 45 наступний: нагрів від температури печі 200°C до температури 820-840°C; витримка і загартування у воді. Після загартування проводиться відпуск. Для поковок зі сталі 45 при температурі відпуску 280-320°C отримується твердість 45-50 HRC, при температурі 550-580°C твердість поковки на рівні 200-250 HB. З метою запобігання утворення кривизни довгомірних заготовок зі сталі 45 (співвідношення довжини до перетину більше 10), їх термозміцнення виконують методом «перерваного загартування» у воді з подальшим самовідпуском і отримують твердість поковки на рівні 200 - 280 HB.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ДРОТУ В УМОВАХ ПрАТ «ДНІПРОМЕТИЗ»**

**Артемук Р.В., керівник проф. Перчун Г.І.**

**Український державний університет науки і технологій**

Зварювальний дріт – це найважливіший витратний матеріал, який застосовується при виконанні зварювання в ручному, автоматичному або напівавтоматичному режимах. Зварювальний дріт повинен володіти високими технологічними та механічними властивостями, так як є основним матеріалом, що забезпечує необхідний хімічний склад та властивості металу зварного шва металевих конструкцій. Для виробництва дроту на метизних заводах в якості вихідної заготовки використовують катанку діаметром 6-8 мм, яку шляхом холодного волочіння доводять до кінцевих

розмірів. При сучасній технології переробки сумарні обтискання при волочінні катанки в дріт досить великі (до 99,2%), що вимагає проведення додаткових термічних проміжних обробок. В результаті пластичної деформації волочінням значно зростають властивості міцності дроту і формується тонковолокниста структура, як результат подовження та деформації зерен при витяжці металу, яка має низьку пластичність. Для зняття внутрішніх напружень і відновлення пластичних властивостей зварювального дроту після волочіння на проміжний розмір його піддають рекристалізаційному відпалу, який полягає в нагріві сталі вище температури рекристалізації (04Тпл), витримці при цій температурі і охолодженні. Рекристалізаційний відпал - це термічна обробка деформованого металу, при якій головним процесом є рекристалізація. В результаті термічної обробки зменшуються показники міцності і зростають пластичні властивості сталі. Деформована структура дроту перетворюється в рівноважну структуру, яка забезпечує здатність сталі до волочіння на готовий розмір. Для дроту зі сталі Св-08Г2С температура нагріву знаходиться в інтервалі 680 - 700°C. При відпалі окрім рекристалізації фериту протікають процеси коагуляції і сфероїдизації цементиту, що додатково підвищує пластичність металу. Термообробка дроту в режимі «Світлий відпал» відбувається в ковпачкових печах з використанням захисної атмосфери.

#### **МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РЕСОР І ПРУЖИН: АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

Гужеля В.В.<sup>1</sup>, керівники – ст. викл. Карпова Т.П.<sup>1</sup>, Григор'єва Н.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Український державний університет науки та технологій

<sup>2</sup> Фаховий коледж зварювання та електроніки імені Є.О. Патона

Для виготовлення ресор і пружин використовують різноманітні матеріали: сталі (забезпечують високу міцність і довговічність), титанові сплави (мають високу міцність і відмінну корозійну стійкість), бронзу (відрізняються високими міцнісними властивостями, границею пружності та релаксаційною стійкістю, мають підвищений опір корозії та корозійної втоми); алюмінієві сплави (використовується для легких деталей, де важлива низька вага); сплави на основі нікелю (використовуються при особливих вимогах до температуростійкості і корозійної стійкості). Вибір конкретного матеріалу залежить від умов експлуатації та вимог до пружин.

Пружинна сталь – це один із найважливіших матеріалів у промисловості, який використовується для виготовлення пружин. Існує безліч марок пружинної сталі, які розрізняються за хімічним складом, механічними властивостями, способом обробки тощо. Одним з найпоширеніших і доступних матеріалів для виготовлення ресор і пружин в Україні є сталь 65Г. В якості легуючого елемента містить марганець, який збільшує міру зміцнення твердого розчину і знижує знеміцнення при відпуску, збільшує стійкість аустеніту до розпаду і підвищує прогартовуваність сталі. Пружини, виготовлені зі сталі 65Г, мають високі пружні властивості і достатню зносостійкість.

Необхідний комплекс механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей пружин досягається після відповідної термічної обробки (загартування з відпуском).

Технологія термічної обробки пружних елементів передбачає суворе регулювання температури загартування з тим, щоб було отримано дрібне зерно, і по можливості, найменшу кількість залишкового аустеніту, який різко знижує опір малим пластичним деформаціям. При нагріванні під загартування важливо попередити окислення і знеуглецювання, так як ці процеси знижують рівень зміцнення поверхневих шарів, властивості яких мають для пружних елементів вирішальне значення, призводять до зниження релаксаційної стійкості при підвищенні температури і циклічної витривалості.

## **ОГЛЯД МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ БАНДАЖІВ**

**Заплава А.С., керівники – ст. викл. Карпова Т.П.<sup>1</sup>, Мірошникова Т.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **Український державний університет науки та технологій**

<sup>2</sup> **Фаховий коледж зварювання та електроніки імені Є.О. Патона**

Залізничний транспорт залишається важливою галуззю для перевезення вантажів і пасажирів. Зростання обсягів перевезень ставить завдання забезпечення ефективності та надійності колісних пар. Однією із важливих складових залізничного рухомого складу є залізничні бандажі. Актуальним залишається питання підвищення довговічності бандажів.

Існує кілька методів зміцнення бандажів колісних пар з метою підвищення їх довговічності та забезпечення безпеки та ефективності залізничного транспорту. Термічна обробка може використовуватися для підвищення міцності та тривалості служби бандажів. До найбільш ефективних методів підвищення довговічності бандажів слід віднести зміцнення гребню та поверхні кочення гартуванням, яке забезпечує рівномірність механічних характеристик за перерізом бандажу. Розробка нових матеріалів з високою міцністю та зносостійкістю теж може сприяти підвищенню довговічності бандажів. Впровадження систем моніторингу стану бандажів (експлуатаційний контроль), таких як системи візуального та вібраційного контролю, дозволяє вчасно виявляти ознаки зношування або пошкоджень і проводити ремонт або заміну. Розробка оптимальних режимів експлуатації, таких як швидкість руху, навантаження та режими гальмування, може допомогти зменшити знос та подовжити термін служби бандажів. Ці методи можуть використовуватися окремо або в поєднанні для досягнення максимальної ефективності та довговічності бандажів колісних пар.

## **ІОННЕ АЗОТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ**

**Мачула М.В., керівник доц. Романова Н.С., ст. викл. Кокашинська Г.В.**

**Український державний університет науки та технологій**

Сучасні технології виробництва гарячепресованих та холоднодеформованих труб пред'являють підвищені вимоги до сучасного пресового та штампового інструменту. Зокрема, актуальним для трубного виробництва є підвищення зносостійкості штампового та пресового інструменту при підвищених температурах, інтенсивних швидкостях ковзання, значних питомих тисках, знакозмінних та ударних навантаженнях. Тому розробка нових способів або покращення вже існуючих зміцнюючих технологій, що підвищують міцність, зносостійкість, в'язкість, опір крихкому руйнуванню, витривалість та інші механічні та експлуатаційні характеристики інструменту, безумовно, потрібна та актуальна. Одним з перспективних методів зміцнення інструменту є комбінована обробка інструменту, що включає термічне загартування з подвійною відпусткою та подальшим іонним азотуванням.

Застосування іонного азотування порівняно з пічним має ряд переваг, а саме дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу в 2-5 разів, оптимізувати склад дифузійного шару, забезпечити технологічно просту схему автоматизації процесу, поліпшити якість азотованих покриттів, отримувати вироби з дуже незначними деформаціями в процесі обробки та високий клас чистоти поверхні. Згідно з літературними даними, після об'ємного загартування з подвійним відпуском на вторинну твердість та іонного азотування інструментальних сталей, їх структурно-фазовий склад поверхні може включати послідовно  $\epsilon$ -фазу ( $\text{Fe}_{2-3}\text{N}$ ),  $\gamma'$ -фазу ( $\text{Fe}_4\text{N}$ ), під

якою знаходиться підшар азотистого фериту ( $\alpha$ -фаза), при охолодженні якого виділяються нітриди легуючих елементів і далі структурно-фазовий склад повільно переходить у вихідну структуру мартенситу відпуску з карбідами легуючих елементів. Наявність у структурі нітридної зони ( $\epsilon$ -фази та  $\gamma'$ -фази) сприяє підвищенню зносостійкості і корозійної стійкості. Якщо процес іонного азотування інструменту зупинити на стадії формування азотистого фериту, цей шар забезпечить підвищений опір високим тискам і знакозмінним навантаженням на поверхні.

## ФРАКТАЛЬНА РОЗМІРНІСТЬ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВЕ

Заліт А.Е., керівник доц. Романова Н.С.

Український державний університет науки та технологій

Фрактальна геометрія дозволяє параметризувати структури з нерегулярною розгалуженою морфологією – шорсткі поверхні, пористі середовища, контури міжфазних кордонів структур металів і сплавів, лінійні параметри дислокаційної структури у вигляді скупчень дислокацій і точкових дефектів, що мають властивості самоподібності. Це означає, що структура залишається подібною при збільшенні масштабів зображення в широкому інтервалі, тобто кажуть, що структура інваріантна відносно масштабу. Самоподібність мікроструктур встановлюється на основі аналізу певних геометричних картин і їх вимірювань при різних збільшеннях. Для того, щоб встановити має мікроструктура фрактальними властивостями чи ні, необхідно:

- виявити елементи самоподібності;
- визначити масштабні межі самоподібності;
- розрахувати фрактальну розмірність.

У разі статистичної самоподібності окремі частини фрактальних об'єктів при розгляді їх при різних збільшеннях, будуть подібні тільки за середніми параметрами. Багато фрактали, що зустрічаються в природі, позбавлені геометричної подібності, але відтворюють у кожному фрагменті тільки статистичні властивості цілого. Фрактали з нелінійної формою розвитку були названі Мандельбротом як мультифрактали. Мультифрактал – це квазифрактальний об'єкт з змінної фрактальною розмірністю. Природно, що реальні об'єкти і процеси набагато краще описуються мультифракталами. Слід зазначити, що виявлення залежності між властивістю і фрактальною структурою - досить складне завдання, так як існуючі моделі, що встановлюють ці залежності для періодичних структур, незастосовні до мультифрактальних. Рішення зазначеної задачі вимагає розробки методів фрактального аналізу мікроструктур.

В основі способу обчислення фрактальної розмірності за Хаусдорфу лежить ідея про те, що досліджуване безліч – пряма, площа або обсяг, покривається відповідно прямолінійними відрізками, квадратами, кубиками з заданим розміром  $\delta$ . За допомогою сітки підраховується кількість клітин, що покрили досліджуваний об'єкт  $N(\delta)$ . При цьому підрахунку враховуються навіть ті клітини, в які потрапила хоча б одна точка об'єкта. Процес покриття клітинами об'єкта повторюється кілька разів при різних значеннях розміру клітини. Значення  $\delta$  і  $N(\delta)$  слід перевести в одиниці логарифмічні координати, можна з підставою звичайного логарифма, десяткового або натурального. Потім будується білогарифмічний графік залежності  $\ln N(\delta)$  від розміру клітини  $\ln \delta$ . Тангенс кута нахилу прямої є фрактальною розмірністю  $D$  об'єкта структури, що підтверджується формулою

$$D = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\ln N(\delta)}{\ln \delta}$$

# THE IMPACT OF PLASMA ARC CURRENT AND CERAMIC NOZZLE DIAMETER ON THE DEPTH OF THE HARDENED ZONE IN PLASMA QUENCHING

**Moldakhmetova A.E., supervisor A.A. Kanaev, Ph.D. in Physics and Mathematics, Sr. Research Scientist**

**L. Gumiliyov Eurasian National University**

This study examines the effects of plasma arc current strength and the diameter of the plasma-forming nozzle ( $d_n=3.0$  mm) at a distance from the nozzle to the surface being hardened ( $s=20$  mm) on the depth of the hardening zone, with results presented in Table 1. Analysis of the data in Table 1 indicates that within the range of hardening modes corresponding to a current strength of 50 A, the depth of the hardened layer increases from 0.06 mm to 1.0 mm at 80 A, and then gradually decreases to 0.43 mm at a hardening current strength of 200 A. (The diameter of the plasma-forming nozzle and the distance from the nozzle's edge to the surface being hardened were kept constant).

Table 1. Dependence of Hardening Zone Depth on Arc Current

| N | <i>I (A) at <math>d_c = 3</math> mm; <math>s = 20</math> mm</i> |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|---|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 1 | <i>I (A)</i>                                                    | 50   | 60   | 67   | 80   | 95  | 115  | 140  | 160  | 180  | 200  |
| 2 | <i>h (mm)</i>                                                   | 0.06 | 0.37 | 0.92 | 1.00 | 0.9 | 0.77 | 0.66 | 0.60 | 0.52 | 0.43 |

Current intensity acts as the primary adjustable parameter in the plasma quenching process due to its significantly stronger impact on the dimensions of the plasma quenching zone compared to other plasma hardening parameters [1]. For 65G structural steel with a constant plasma nozzle diameter of 3 mm, the relationship between arc current and hardening zone depth exhibits an extremal nature. According to Table 1, two distinct plasma hardening regimes can be identified. In the regime characterized by relatively low currents (50-80A) and slow plasma torch speeds (processing speeds), the hardening zone dimensions are limited by the cooling rate of metal. For 65G structural steel at a quenching temperature of 850°C, the critical cooling rate is 100K/s (3730°C/s). The surface temperature of the metal being hardened must not exceed the permissible temperature (1100-1200°C), which is below the melting point to avoid the need for subsequent grinding of the strengthened surfaces.

In the regime of increased plasma arc currents (above 80A) and higher processing speeds (motion of the plasma torch), the dimensions of the hardening zone are limited by the surface temperature of the metal being hardened, which, as noted, should not exceed the specified allowable temperature.

Note that the maximum hardening zone depth corresponds (in Table 1) to regimes at the boundary between relatively low currents (50-80A) and increased plasma arc currents (above 80A) with higher processing speeds [2].

## References

1. Topolyansky P.A., Sosnin N.A. Strengthening of Parts, Technological Equipment, and Tools Using Arc and High-frequency Plasma, Electrical Engineering Production, Scientific and technical achievements, and advanced experience. 1991, No. 2, P. 24-27
2. Kanaev A.T. Plasma Hardening of Heavily Loaded Parts and Assemblies in Transport Engineering. Astana Publishing House "Master-PO", 2020. P. 173.

## THE PECULIARITIES OF PLASMA HARDENING OF THIN-WALLED SMALL MASS PARTS

**Kosanova I.M., supervisor Kanaev A.T., Prof., D.Sc., Ivchenko A.V., Assoc. Prof., Ph.D.  
in Technical Sciences**

**L. Gumilyov Eurasian National University**

For the plasma selective quenching to be effective, the workpiece must be sufficiently massive to ensure the necessary cooling rate through heat dissipation. To address this issue in the hardening of thin-walled parts lacking sufficient mass, cooling intensification methods are employed. This involves organizing heat dissipation through forced cooling of the surface to be hardened with water, oil, or various aqueous solutions.

In cases where additional heat dissipation is impractical, the required cooling rate for hardening is achieved by a rational combination of hardening regime parameters, which allows for the attainment of specified depth and hardness of the surface layer. This is because, in surface plasma hardening, the primary characteristics of the thermal cycle: maximum temperature, duration of a given point above  $A_{c3}$ , heating and cooling rates are determined by the combination of process regime parameters and are interrelated [1].

This study aims to determine the optimal combination of plasma quenching regime parameters by examining the hardening processes on 8 mm thick 65G steel specimens. The effects of various parameters were investigated: plasma arc power, the distance between the plasma torch nozzle tip and the surface being processed, plasma torch motion speed, plasma-forming gas (argon) flow rate, and the distance between hardened tracks [2]. The distribution of hardness, depth of plasma-hardened specimens for plasma torch motion speeds of 37, 43, 46, 50 mm/s with constant values of other parameters are presented in Table 1. The study examined the impact of plasma torch motion speed (quenching speed) in the range of 30-50 m/s, argon gas flow rate varied within 4.0-7.0 l/min, the distance between the plasma torch nozzle tip and the processing surface was ~10 mm, and the plasma arc current level was 80-100 A at 40 V. The data obtained for steel specimens that had been subjected to volumetric quenching and tempering.

Table 1. Dependence of Hardening Depth and Microhardness of 65G Steel on Plasma Torch Motion Speed and Distance Between Hardened Tracks

| Motion speed<br>(mm/s) | Depth of hardened<br>zone (mm) | Width of track<br>(mm) | Microhardness (MPa) |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|
| 37                     | 0.80                           | 4.8                    | 9500                |
| 43                     | 0.75                           | 4.5                    | 9200                |
| 46                     | 0.60                           | 2.5                    | 9100                |
| 50                     | 0.50                           | 1.5                    | 8000                |

### References

1. Safonov E.N., Pistogoa A.A. Plasma Hardening of Low-Mass Parts. Hardening Technologies and Coatings. 2016, No. 7, P. 30-33.
2. Kanaev, A.T., Zhusin, B.T., Sarsembaeva, T.E., Gulyarenko, A.A. Plasma Hardening of Replaceable Parts of Soil-Cutting Machine Working Bodies to Increase Wear Resistance. Machinery Technology, 2017, No. 10, P. 31-36.

## **DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCING STEEL FROM GRADE ST5 DURING DEFORMATION-THERMAL TREATMENT**

**Jaxymbetova M.A., Doctor of Technical Sciences, Professor Kanayev A.T.  
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University»**

Mathematical modeling was carried out based on a full active factorial experiment of type FFE-23 [1] with three adjustable parameters at two levels:

-Metal rolling temperature -  $t$ , °C ( $X_1$ ), determined by an optical pyrometer when the billet is fed into the rolls;

-Pause time from the exit of the profile from the rolls to the start of intensive cooling -  $\Delta\tau$ , sec. ( $X_2$ ). Measured by a stopwatch with an accuracy of 0.25 sec;

-Duration of intensive cooling -  $\tau$ , sec ( $X_3$ ).

Intensive cooling was conducted in a pressure nozzle with a ring gap in direct and countercurrent flow during the cooling period and with water pressure of 0.15 MPa [2].

The regression equations of the strength limit  $\sigma_v$  (MPa) and the relative elongation  $\delta_5$  (%) for combined deformation-thermal treatment (DTT) have the following form:

$$\begin{aligned}\sigma_B &= 1441,25 - 36,25 X_1 + 68,75 X_3 - 28,75 X_1 X_2 + 46,25 X_1 X_3 + 33,75 X_1 X_2 X_3 \\ \delta_5 &= 8,98 - 3,03 X_1 + 3,95 X_3 - 1,75 X_1 X_3 + 1,75 X_2 X_3\end{aligned}$$

In these equations, the factor values are represented in a coded scale, which are determined from the corresponding values in natural form:  $X_1 = 0,33$ ;  $X_2 = 0,5$ ,

( $X_3 = -0,5$ ). Therefore, after the deformation-thermal treatment at the following conditions: (rolling end temperature - 1050°C, pause 15 sec, duration of intensive cooling 2.5 sec), the values of  $\sigma_v$  and  $\delta_5$  are:  $\sigma_v = 1375$  MPa,  $\delta_5 = 6.3\%$  [3].

The condition of the Fisher criterion  $F_{calc} \leq F_{tabl}$  ( $2.71 \leq 6.94$ ) confirms the adequacy of the regression equation, allowing for the prediction of  $\sigma_v$  and  $\delta_5$  when changing the main parameters of the deformation-thermal treatment (rolling temperature, which serves as the quenching temperature, pause from the end of rolling to the start of intensive cooling, and duration of intensive cooling). This was utilized in the development of the experimental-industrial technology in the section rolling mill of the Kazakh Metallurgical Plant on the small-section mill "280".

### **List of links**

1. Novik F.S. Mathematical methods of experimental design in metallurgy, Moscow, Publishing house "MIS and C", 1976, 106 p."

2. Dzhaksýmbetova M.A. Mechanical properties of reinforcement steel depending on thermal strengthening modes. "Veda a vznik-2020", XVI International Scientific-Practical Conference, 2020, No. 7, pp. 37-46.

3. Kanaev A.T., Mazur I.P., Akhmedyanov A.U., Dzhaksýmbetova M.A. Using multiple regression analysis for quantitative assessment of mechanical properties of strengthened reinforcement profiles. Science and Technology of Kazakhstan, 2019, No. 3, pp. 75-85.

## **ABOUT THE FEATURES OF PLASMA HARDENING THIN-WALLED PARTS OF LOW WEIGHT**

**Kossanova I.M., managers Doctor of Technical Sciences, Professor Kanayev A.T.  
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University»**

To realise the plasma hardening process, the workpiece must be massive enough to provide the necessary cooling rate by heat dissipation. To solve this problem, cooling

intensification methods are used for hardening thin-walled parts that do not have sufficient mass. For this purpose, heat removal is organised by forced cooling of the hardened surface with water, oil, various water solutions.

In those cases when it is not expedient to provide additional heat removal, the cooling rate required for hardening is realised by a rational combination of hardening mode parameters, allowing to obtain the specified depth and hardness of the surface layer. This is explained by the fact that at surface plasma hardening the main characteristics of the thermal cycle: the maximum temperature, time of stay of the given point above  $A_{c3}$ , heating and cooling rates are determined by the combination of parameters of the hardening process regime and are interrelated [1].

In this work, in order to determine the rational combination of plasma hardening regime parameters, hardening processes on 8 mm thick samples of 65G steel were investigated. The influence of the following parameters was studied: plasma arc power, the distance between the plasma nozzle cut-off and the treated surface, the speed of the plasma gun, the flow rate of the plasma gas (argon), the distance between the hardened tracks [2]. The character of hardness distribution, depth of plasma hardened samples for plasma gun speeds of 37, 43, 46, 50 mm/s with constant values of other parameters are shown in Table 1. The influence of the plasmatron movement speed (hardening speed) in the range of 30-50 m/s was studied, the plasma gas (argon) flow rate varied within 4.0-7.0 l/min, the distance between the plasmatron nozzle shear and the treated surface was  $\sim 10$  mm, the plasma arc current level was 80-100 A at 40 V voltage. The data were obtained for steel samples previously subjected to volumetric hardening and tempering.

Table 1 - Dependence of hardening depth and microhardness of steel 65G on plasma torch speed and distance between hardened tracks

| Displacement speed, mm/s | Depth of hardened zone, mm | Track width, mm | Microhardness, MPa |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 37                       | 0.80                       | 4.8             | 9500               |
| 43                       | 0.75                       | 4.5             | 9200               |
| 46                       | 0.60                       | 2.5             | 9100               |
| 50                       | 0.50                       | 1.5             | 8000               |

#### **List of links**

1. Safonov E.N., Pistogov A. A. Plasma hardening of low mass parts. Strengthening technologies and coatings. 2016, № 7, P.30-33

2. Kossanova I.M., Kanayev A.T., Tolkyrbayev T.A., Jaxymbetova M.A., Sarsembaeva T.E. Changes in structure, hardness and crack resistance of plasma-strengthened steel 65G. 2023, № 66(5), P.516-521.

#### **RECYCLING METALLURGICAL WASTE AS A WAY TO CREATE A WASTE-FREE INDUSTRY**

**Baiseitova E.A. – doctoral student, supervisor – candidate of technical sciences, professor Kulikov V.Yu. Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Kazakhstan**

The potential for technological and economic development of any country is in one way or another connected with solving problems with the disposal of accumulated industrial waste.

Recycling waste from metallurgical production is an essential element of waste-free technology in metallurgy. The consequence of this is the depletion of rich ore reserves, the

emerging structure of ore mining, an increase in the need for construction materials and an exacerbation of the problem of waste storage.

The sources of metallurgical waste formation in Kazakhstan are enterprises of metallurgical and machine-building complexes. Considering the enormous importance of the development of these industries in the country's economy, we can safely judge the large volumes of industrial waste. Consequently, when melting one ton of steel, about 650-700 kg of various waste and sludge are formed. Some of this waste is often used to make construction materials. Also, large volumes of waste are generated at metalworking enterprises. Often, machining on modern machines produces up to 100 kg of chips and grinding sludge per hour. Sludge waste, despite the fact that it is a source of secondary resources, is not particularly used anywhere and therefore pollutes the environment. Grinding slurries can contain about 65-70% metal in the form of chips of various sizes. Despite this, today the development of technology for processing metal waste for the purpose of its re-implementation in production is one of the unfinished problems.

Solving the above problem can affect the provision of cheaper production and the provision of finished raw materials, which together will solve the problems of reducing environmental pollution and saving material resources.

In this regard, along with existing sources of raw materials, the issue of introducing technologies for producing high-quality ingots in order to create waste-free production is becoming increasingly urgent.

*List of sources used*

1. Rud V. D. *Technological processes for recycling the output of machine-generating production: initial assistant* / V. D. Rud, G. A. Baglyuk, T. N. Galchuk, O. Yu. Povstyanoy. – Lutsk: RVV Lutsk NTU, 2015. – 296 p.
2. Galchuk T. N., Rud V. D. *Various outputs of machine-generating production for the production of tribotechnical parts: monograph* / T. N. Galchuk, V. D. Rud. – Lutsk: RVV LNTU, 2013. – 214 p.

#### **ПІДСЕКЦІЯ «ПОКРИТТЯ, КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАХИСТ МЕТАЛІВ»**

### **СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ХРОМОВОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ РАДІОАПАРАТУРИ**

**Лебідь Ю.В., керівник доц. Ковзік А.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

В сучасній техніці практично не використовуються деталі з чорних металів без покриттів. Тому нанесення якісних покриттів на металовироби є актуальною задачею. В даній роботі розроблено сучасну технологію нанесення хромового декоративного покриття на поверхню деталей радіоапаратури, а саме ручки, кнопки, декоративні накладки і інші.

Відомо, що хромове покриття, нанесене гальванічним способом, є пористим. Тому його антикорозійні властивості не завжди задовольняють вимогам. В зв'язку з цим передбачено нанесення хромового покриття на попередньо нанесені мідний, а поверх нього – нікелевий підшар. Така технологія передбачає наступні операції:

- анодне активування поверхні;
- нанесення мідного підшару в кислому електроліті;
- промивання;
- нанесення нікелевого підшару в сульфатному електроліті;
- промивання;
- нанесення хромового покриття в електроліті складу: 220-250 г/л хромового ангідриду; 2,2-2,5 г/л сірчаної кислоти;
- промивання;
- сушка виробу

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ВОЛОК ПРОКАТНИХ СТАНІВ ЗІ СПЕЧЕНОГО ТВЕРДОГО СПЛАВУ**

**Євенко О.М., керівник доц. Ковзік А.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Розроблено технологію виготовлення якісних волок прокатних станів з твердого сплаву ВК10.

При виборі сировинних матеріалів враховували наступні фактори:

- рівень технологічних і фізичних властивостей з погляду забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик виробів;
- не дефіцитність матеріалу;
- наявність виробників в Україні;
- вартість.

Як вихідні матеріали для одержання виробів, що випускаються, планується використовувати наступні види сировини:

- порошок суміші карбід вольфраму–кобальт (ГОСТ 9449-89) виробництва Світловодського казенного заводу твердих сплавів та тугоплавких металів, м. Світловодськ, Україна;
- каучук синтетичний гранульований стирол-бутадієн-стирольний (рисунок 1), виробництва концерну «Стирол», Україна;



Рисунок 1 – Загальний вид каучуку синтетичного гранульованого – бензин авіаційний марки Б70 (ТУ 38.101913-82).

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ФОСФАТУВАННЯ СТАЛЬНОЇ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ШТАМПОВКИ ВИРОБІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ**

**Жданов В.С., керівник доц. Носко О.А., доц. Аюпова Т.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

У даний час актуальною задачею розвитку промисловості країни є значне покращення якості металопродукції. Одним з найефективніших шляхів вирішення цієї проблеми є використання різних металевих та неметалевих, зокрема, фосфатних покриттів. Однак використання останніх у виробництві, за виключенням автомобілебудування, є незначним.

Разом з тим, порівняно з металопокриттями, вони мають ряд цінних переваг, головними з яких є сполучення високих захисних, антифрикційних і протизадирних властивостей з простою і низькою собівартістю процесу їх отримання. В якості протизадирних покриттів вони можуть знайти більш широке використання в чорній металургії, автомобільній промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні і інших провідних галузях промисловості України. Саме ці покриття можуть знайти широке використання замість цинкових.

Метою даною роботи є вивчення процесів фосфатування сталі, розробка технології фосфатування зразків сталі марки 18ЮА. Апробовано використання нових фосфатуючих концентратів КФ-7 та КФ-3 замість широко вживаного КУФ-1, що швидко випрацьовується.

Результати дослідження свідчать про те, що:

- При переході від КУФ-1 до КФ-7 початкова і остаточна маса покриття дещо зменшується, величина зерна не змінюється. Однак завдяки присутності в КФ-7 позитивно заряджених катіонів  $Ni^{2+}$   $Fe^{2+}$  - сильних активаторів фосфатування, різко змінюється фазовий склад плівки, яка збагачується фосфафілітом. Збільшення кількості якого у складі плівки зменшує зусилля штампування, через те, що фосфафіліт є більш пластичною складовою;

- При знежирюванні сольовими розчинами і фосфатуванням в КУФ-1 бажано, і навіть необхідно використовувати активатор; для фосфатування в КФ-7 – активатор не потрібний.

- Найкращими варіантом обробки рекристалізованої заготовки є знежирювання сольовою сумішшю, травлення в  $H_2SO_4$  та фосфатування в КФ-7.

### **ОТРИМАННЯ ВИРОБІВ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ШЛЯХОМ ПРОСОЧУВАННЯ ПОРИСТИХ СПЕЧЕНИХ КАРКАСІВ РІДКИМИ РОЗПЛАВАМИ**

**Тропа М.М., керівник доц. Носко О.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

У практиці порошкової металургії для надання особливих властивостей спеченим матеріалам використовують просочування рідкими розплавами (склом, металами, сплавами). За допомогою просочування можна отримати практично безпористі спечені вироби з підвищеними фізико-механічними характеристиками, гідро- і газонепроникні, термо- і жаростійкі, корозійностійкі і з іншими спеціальними властивостями.

Просочування міддю спечених порошкових матеріалів дозволяє отримати вироби, що легко піддаються обробці різанням, причому у більшості випадків не потрібна розробка будь-яких спеціальних методів або запобіжних заходів. Застосування просочування визначається з однієї сторони проблемами, які можна вирішити цим методом, з іншої сторони – економічною доцільністю.

Об'єктом дослідження даної роботи є композиції: - 75%Fe+25% Cu; - 74%Fe+25%Cu+1%С (0,7% С зв'язаного); - 84%Fe+15%Cu+1%С. Просочування виконується методом накладання. Накладки пресуються. Процес просочування відбувається в електропечі в середовищі ендогазу.

Результати дослідження свідчать про те, що:

- Зі збільшенням вмісту вуглецю міцність зразків зростає. Максимальну міцність мають зразки з вмістом 1% С в каркасі і тиском пресування 700 МПа;

- Зі збільшенням вмісту вуглецю пластичність зразків, навпаки, знижується, що узгоджується із загальновизнаним впливом вуглецю на пластичність залізних сплавів. найвищу пластичність мають безвуглецеві зразки з тиском пресування 400 МПа;

- Умови просочування чинять вплив на ударну в'язкість досліджених зразків. Безвуглецеві зразки мають із зусиллям пресування каркасів 600 МПа та неповним просочуванням мають знижену ударну в'язкість, натомість як використання сплаву Cu+8%Fe замість чистої міді дозволяє підвищити ударну в'язкість.

Зі збільшенням зусилля пресування каркасів під просочування твердість досліджених зразків збільшується. Максимальна твердість спостерігається в зразках, що містять 1,5%С в каркасі, які спресовані із зусиллям 700 МПа. Питомий тиск пресування каркасу чинить значніший вплив на твердість матеріалу, ніж збільшення вмісту вуглецю.

## **ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ МАРКИ СТАЛІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРУЖИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У КОРОЗІЙНИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

**Золотько А.В., керівник доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.**

**Український державний університет науки і технологій**

Мета роботи – обґрунтування вибору матеріалу для пружин, що працюють у корозійних середовищах та формування їх структури і властивостей.

Розглянуто види, умови експлуатації пружин, що працюють у корозійних середовищах, основні вимоги до матеріалу для виготовлення пружин, що працюють у корозійних середовищах: високу межу пружності, плинності та міцності, високу релаксаційну стійкість та корозійну стійкість. Вивчено основні етапи виготовлення пружин. Опрацьовано хімічний склад сталей, що застосовуються для виготовлення цих виробів та механічні властивості пружинних сталей спеціального призначення.

Встановили, що найефективнішим матеріалом для пружин, що працюють у корозійних середовищах, зокрема у річковій воді, є корозійна сталь мартенситного класу 40X13. Встановлені принципи легування сталі 40X13.

Проведено аналіз ізотермічної діаграми розпаду переохолодженого аустеніту сталі 40X13. На діаграмі розпаду спостерігається одна С-подібна крива, яка відповідає першій сходинці розпаду переохолодженого аустеніту в сталі. Проміжне перетворення на діаграмах розпаду аустеніту відсутнє. Температура початку мартенситного перетворення складає 270 °С.

Для сталі 40X13 пропонується термічна обробка: загартування з температури 1050 °С з охолодженням в олії та навіть на повітрі та відпуск 350°С 3 год. Це забезпечує отримання  $\sigma_B=1140$  МПа,  $\sigma_{02}=910$  МПа, корозійної стійкості у річковій воді протягом 3000 год 1 бал.

Вивчене формування структури сталі 40X13 від вихідної, із зернистою структурою, до остаточної, сформованої в результаті загартування на мартенсит та відпуску, яка характеризується наявністю мартенситу відпуску, дрібнодисперсними рівномірно розподіленими карбідами та мінімальним вмістом залишкового аустеніту.

## **СИНТЕЗ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ З КОНТРОЛЬОВАНОЮ ПОРИСТІСТЮ**

**Загородний І.В., керівник доц. Рослик І. Г.**

**Український державний університет науки і технологій**

В останні роки великий інтерес викликають вуглецеві матеріали з загальною пористістю 60-70 % та розміром пор до 10 нм. Інтерес до цих матеріалів пов'язаний з тим, що такий нанопористий вуглець знайшов своє застосування в якості активної речовини в електродах суперконденсаторів (іоністорів) подвійного шару і гібридних системах. Вуглецеві матеріали для суперконденсаторів повинні мати високу пористість, розвинену питому поверхню, порядку 1000-2000 м<sup>2</sup>/г, і мати контрольований розмір пір, порівняний з розмірами іонів електроліту. Наряду з застосуванням активованого вугілля та вуглецевих нанотрубок, нанопористий вуглець це новий тип вуглецевих матеріалів, що володіє дуже високою доступною питомою поверхнею і пористістю.

В даній роботі виконаний синтез нанопористого вуглецю з розміром пор від 1 до 5 нм шляхом обробки порошку карбіду титану (TiC) безперервним потоком хлору у печі проточного типу при температурах від 300 до 1200 °С. Питома поверхня нанопористого вуглецю при зростанні температури від 300 до 1000 °С збільшується і досягає максимуму (до 1442 м<sup>2</sup>/г по БЕТ) при температурі 1000 °С. З підвищенням температури загальний об'єм пор збільшується і досягає максимального значення при температурі синтезу 1000 °С.

Застосовуючи карбіди металів з різними типами і параметрами кристалічної решітки, змінюючи технологічні режими, зокрема температуру синтезу вуглецю, можна отримувати пори різного контрольованого розміру і об'єму, тобто управляти пористістю вуглецевого продукту, що дуже важливо для властивостей суперконденсаторів.

## **ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ЕЛЕМЕНТИ СИЛОВОЇ ОБМОТКИ ГАЗОСТАТУ**

**Сабанов Б.П., керівник доц. Біла О.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Захист металів від корозії інгібіторами ґрунтується на властивості деяких індивідуальних хімічних сполук або їх сумішей при введенні їх у незначних концентраціях у корозійне середовище зменшувати швидкість корозійного процесу або його повністю пригнічувати.

Інгібітори корозії успішно застосовують у різних галузях промисловості. Так, незамінна консервація на стадії міжопераційного зберігання металевих напівфабрикатів або виробів, а також замкнутих водооборотних системах.

Метою даної випускної роботи бакалавра є впровадження інноваційної ресурсозберігаючої технології водопідготовки з використанням ефективних інгібіторів корозії для захисту силової обмотки газостату в промислових умовах.

Застосування ефективних інгібіторів дозволяє значно знизити собівартість відновлення елементів машин і агрегатів, що працюють у замкнутих водооборотних системах, підвищити ефективність експлуатації теплообмінного обладнання без капітального ремонту, оптимізувати процес водопідготовки і запобігти забруднення водойм шкідливими стоками, що містять речовини та реактиви.

За результатами випробувань встановлене наступне.

1. Порівняння щільностей корозійних струмів в інгібованих і не інгібованих випробуваних середовищах показує, що найбільшу захисну здатність в анодній зоні мають склади Syntilo R4 і Вітек. У катодній області найбільшу захисну здатність має склад Вітек, у той час як склад Syntilo R4 практично не впливає на швидкість корозії. Ця область є визначальною, оскільки умови протікання корозійних процесів силової обмотки газостату вказують на катодний характер процесу. Інгібітор корозії NALCO має слабку захисну здатність в анодній зоні, а в катодній призводить до прискорення корозії процесу обмотки.

2. Після проведення гравіметричних випробувань інгібіторів зразки були піддані якісному рентгеноструктурному аналізу щодо визначення складу продуктів корозії на поверхні металу. Аналіз показав таке. Поверхня зразків після випробувань в інгібіторі NALCO 8539 покрита переважно пухкими продуктами корозії, що є оксидом заліза Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Такі продукти сприяють подальшому прискоренню корозійного процесу. Плівка продуктів корозії на зразках, випробуваних у розчинах, що містять склади Syntilo R4 і Вітек-К, є щільною плівкою гідроксиду заліза Fe(OH)<sub>2</sub>. Така плівка має певну захисну дію і перешкоджає подальшому окисленню металу.

3. Результати гравіметричних випробувань повністю збігаються із результатами електрохімічних випробувань. Найбільший ступінь захисту показав інгібітор Вітек –

82,7 % та згідно з ГОСТ 9.506-87 може бути рекомендований для дослідно-промислових випробувань.

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ НА МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**

**Жук О.К., керівник доц. Голуб І.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

На сьогоднішні існує кілька методів нанесення захисних покриттів на металеву поверхню конструкцій:

- Гарячий метод.
- Термомеханічний метод.
- Напилення.
- Гальванічний метод.

Чіткого розподілу конкретних технологічних процесів між зазначеними методами немає, в різних джерелах можливе віднесення однієї технології до різних груп [1].

Частіше застосовуються покриття, що наносяться металізацією і гарячим цинкуванням також лакофарбові покриття які відрізняються більшою довговічністю (близько 20 років).

Найбільш сучасною технологією є газотермічне покриття. Практично всі види матеріалів, полімерів, металів і кераміки (та їх комбінації), які не розкладаються при високих температурах (близько до точки плавлення), можна розпилювати при правильному виборі техніки газотермічного напилення та експлуатаційних параметрів. Ці покриття мають багато переваг перед іншими способами нанесення покриттів. Продуктивність напилення залежить від максимально можливого витрати матеріалу який напилюється і зазначено, що бажано підбирати матеріал покриття такий, щоб була можливість його повторного використання.

Технологічний процес газотермічного напилення складається з таких основних операцій: підготовка поверхні твердіючої частини до напилення та розпилення порошків; покриття; механічна обробка покриття; контроль якості покриття.

Вибираючи порошкові матеріали для газотермічного напилення, слід враховувати:- покриття основного значення (зносостійкі, жаро- та корозійностійкі та інші); - умови роботи деталей (дійсна оплата, характер навантаження, ступінь агресивності робочої середовища тощо); - фізико-хімічні властивості субстрату; - вартість порошкового матеріалу; - порошкові матеріали повинні бути однотипними за хімічним складом та мати певний розподіл розмірів частинок та формула частинок. Різновиди порошкового покриття є найбільш поширеним видом захисту сталевих конструкцій. Внаслідок газотермічного напилення різноманітних порошкових матеріалів металеві конструкції володіють гарними експлуатаційними властивостями при різних умовах експлуатації.

### **Список використаних джерел:**

1. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / [П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с.

## **ОСОБЛИВОСТІ АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ**

**Пацкан М.В., керівник доц. Голуб І.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Корозія – це руйнування їх під дією навколишнього середовища. Ізоляцією металу від дії корозійного середовища можна забезпечити нанесенням металічних покриттів, фарбуванням, покриттям пластиком або керамікою, герметизацією, обгортанням, ізоляцією (ПХВ), нанесенням тимчасового захисту (масло, жирові композиції, що слугують для між операційного захисту) [1].

Існують основні методи захисту металу від корозії:

1. Створення антикорозійних сплавів (легування).
2. Збільшення чистоти індивідуального металу.
3. Механічна та хімічна пасивація металів (залізо в концентрованих сірчаній або азотній кислотах; залізо, нікель, кобальт, магній у розчинах лугів; утворення оксидної плівки, наприклад, на алюмінії тощо).
4. Покриття поверхні металу різними захисними плівками [2].

Одним з найперспективніших напрямків боротьби з корозією є створення шаруватих композиційних структур [3], що містять на поверхні кріпильних виробів спеціальні функціональні покриття, які протидіють руйнівній дії навколишнього середовища і не погіршують важливих експлуатаційних властивостей [4, 5]. Формування на поверхні кріпильних виробів захисних функціональних покриттів може забезпечити тривалу та надійну експлуатацію технологічних виробів, пристроїв та конструкцій

Розуміння фундаментальних фізичних та хімічних механізмів антикорозійних покриттів, розуміння їх складу – структури – властивості співвідношення антикорозійного покриття, переваг та недоліків різних видів покриттів, можуть забезпечити основу для створення нових високоефективних рішень бо кожен металевий виріб має свої унікальні умови експлуатації та вплив зовнішніх факторів тобто впливу природи та часу також треба розуміти і обмеження які звужують місця і області для подальшого дослідження в контекст зростання вимог для згоди довкілля і скорочення виробничих витрати.

### **Список використаних джерел:**

1. Улиг Г. Г., Рєви Р. У. Коррозия и борьба с ней. / Г. Г.Улиг, Р. У. Рєви – Л.:Химия, 1989. – 456 с.
2. Никольский К. К. Коррозия и защита от нее подземных металлических сооружений связи / К. К. Никольский–М.:Радио и связь, 1984. – 208 с.
3. Kelly A. Concise encyclopedia of composite materials / A. Kelly. – Pergamon Press, 1994. – 349 p.
4. Нечипоренко Е. П. Защита металлов от коррозии / Е. П. Нечипоренко, А. П. Петриченко, Ю. Б. Павленко. – Х. : Вища школа, 1985. – 112 с.
5. Бялобжеский А. В. Высокотемпературная коррозия и защита сверхтугоплавких металлов / А. В. Бялобжеский, М. С. Цирлин, Б. И. Красилов. – М.: Атомиздат, 1977. – 224 с.

## **ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНОГО ЗЛИТКУ З РІДКОГО СТАНУ**

**Губа М.Г., керівник доц. Головачов А.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Комплекс механічних та експлуатаційних властивостей металопродукції багато в чому формується в ході процесів затвердіння металу. Тому питання механізму процесів, що відбуваються при кристалізації, та пошук можливостей контролю їх для запобігання розвитку структурної та хімічної неоднорідності зберігають актуальність.

Накопичення одного з компонентів сплаву та/або домішки поблизу міжфазної межі неминує веде до утворення шару розплаву з нижчою рівноважною температурою ліквідус. Це, своєю чергою, призводить до необхідності створення додаткового термічного переохолодження розплаву цього складу початку кристалізації. Це, зване «концентраційним» переохолодженням, одна із причин уповільнення просування плоского фронту кристалізації чи зміни його форми на пористий і дендритний.

Виконані в роботі розрахунки зміни температури ліквідус при отриманні двошарової швидкорізальної сталі Р6М5 з додаванням внутрішнього шару сталю 40Х показують, що при розведенні рідкого центрального об'єму злитка (77% об'єму металу первинного складу) додаванням металу в об'єм прибуткової частини злитка (23% того об'єму) показують її підвищення (розрахунок за розробленою програмою з використанням рівняння Хау). Для сталі змішаного складу вона дорівнює 1455 °С, що на 13 °С вище за ліквідус сталі Р5М5 (1442 °С).

## **THE EFFECT OF THE PARTICLE SIZE OF AUSTENITIC STEEL POWDER OBTAINED BY AN INERT GAS ATOMIZATION ON THE CHARACTERISTICS OF THE POWDER.**

**M. Sc. Anastasiia Sherstneva**

**Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany**

Powder metallurgy stands as a crucial technology in the manufacturing realm, especially in its utilization within Additive Manufacturing (AM) for steel product production [1]. In order to achieve successful outcomes in Additive Manufacturing (AM), it is essential for the raw powder material to possess specific characteristics, including high sphericity, an appropriate particle size distribution, and a uniform chemical composition [2]. This study aims to explore CrMnNi austenitic stainless-steel powders produced through inert gas atomization, varying in nickel content: 3 wt%, 6 wt%, and 9 wt%. The investigation seeks to establish correlations between particle size and morphology, solidification structure, alterations in chemical composition, and thermophysical properties.

Particle size distribution (PSD) is evaluated using a laser scattering analyzer, while the presence of the magnetic-ferritic phase is analyzed through MSAT measurement. Thermophysical properties such as surface tension measurements are conducted employing the Maximum Bubble Pressure MBP method. The study reveals that alterations in particle size have an impact on chemical composition, the presence of the ferromagnetic phase, and secondary dendritic arm spacing (SDAS). The study also investigates the effects of variations in S, O, N content on thermophysical properties, such as surface tension.

The investigation involved characterizing three powders with different nickel content, obtained through gas atomization, along with their fractions. The following conclusions can be drawn. The decreasing of ferritic phase content with increasing of nickel content is attributed to the higher nickel content, which acts as an austenitic stabilizer. Additionally, there was an observed tendency for the austenitic phase to increase with larger particle sizes, owing to differences in cooling rates between small and large particles. Examination of

powder morphology uncovered defects such as satellite particles, pores, bubbles from atomizing gas, and Non-Metallic Inclusions (NMI). Microstructural analysis revealed a dendritic structure in powder with 9% of nickel, confirming the anticipated trend of increased SDAS with larger powder sizes. Consequently, no direct influence of chemical composition on dendrite size was observed. Chemical composition analysis post-remelting of fractions indicated variations in nitrogen and manganese content. Notably, steel powders with higher sulfur content exhibited lower nitrogen pick-up compared to those with lower sulfur content. Moreover, manganese loss through vaporization was higher for powders with smaller diameters, decreasing as powder diameter increased. Dissolved sulfur in steel mitigated manganese evaporation.

The study also unveiled the influence of chemical elements on surface tension. The most effect on surface tension had the sulphur, with increasing the sulphur content the drop in surface tension was mentioned. Chemical analysis discrepancies among powders of different sizes were also reflected in surface tension variations.

#### **References:**

[1] A.N. Kubanova, A.E. Gvozdev, E.A. Protopopov, Chebyshevskii Sbornik 2022, 23, 233, DOI: 10.22405/2226-8383-2022-23-4-233-250.

[2] P. Muthuswamy, Springer, submitted: Sep 2022, DOI: 10.1007/s40516-022-00177-3.

## **ЕНЕРГЕТИКА**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗВАРНИХ ТРУБ**

**Шишко Є.С., керівник доц. Форись С.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Один з етапів виробництва зварних труб полягає у формуванні циліндричної заготовки з листового металу і подальшому зварюванні її по шву. Для виготовлення зварних труб з діаметром від 310 до 1220 мм використовується гідравлічна згинально-формувальна машина JCO-2000 з потужністю 150 кВт, при цьому 120 кВт споживає гідравлічна система.

Під час роботи машини було виявлено перегрів масла в лінії керування гідравлічної системи до 75 °C при нормативних значеннях 50-55 °C, що призводить до систематичної аварійної зупинки машини. За результатами аналітичного огляду, найбільш розповсюдженим рішенням для проблеми перегріву масла в лінії керування гідравлічної системи є використання зовнішніх теплообмінників. Зовнішні теплообмінники дозволяють ефективно відводити тепло від масла, знижуючи температуру до припустимих нормативів. Однак, це рішення вимагає деяких компромісів. По-перше, використання зовнішніх теплообмінників призводить до ускладнення конструкції установки, отже, необхідно встановлювати додаткове обладнання для підключення теплообмінника до гідравлічної системи, що може збільшити вартість та складність експлуатації. По-друге, зовнішні теплообмінники потребують додаткового електроживлення для транспортування масла через систему охолодження, що призводить до збільшення витрат електроенергії та негативно впливає на ефективність експлуатації та вартість виробництва. Отже, хоча зовнішні теплообмінники є ефективним та широко використовуваним рішенням для охолодження масла в гідравлічних системах, їх використання потребує уважного розгляду з урахуванням впливу на конструкцію, витрати електроенергії та загальну

ефективність установки.

У даній роботі пропонується використання вбудованого теплообмінника для охолодження контуру керування машиною, що дозволить одночасно вдосконалити систему регулювання гідравлічного тиску з метою оптимізації роботи машини. Такий підхід спрямований на підвищення ефективності і надійності роботи обладнання, зменшення аварійності та енергоспоживання.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСАННЯ ГАЗО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ З ШАХТНИМ МЕТАНОМ В КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ГАЗОПОРШНЕВИХ УСТАНОВКАХ**

**Щур М.С., керівник доц. Форись С.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Тема використання газоповітряної суміші з шахтним метаном на різноманітному устаткуванні не нова і активно вивчалася в нашій країні ще з 2000-х років співробітниками відділу проблем шахтних енергетичних комплексів Інституту геотехнічної механіки. Як технічні засоби для утилізації шахтного метану розглядалися когенераційні енергетичні модулі на базі газопоршневих установок фірм «Jenbacher», «Deutz» та «Vorholt & Hermeler» з модульною електричною потужністю від 1 до 4 МВт та тепловою потужністю від 0,9 до 3,8 Гкал.

В залежності від розробки вугільних лав, процентна концентрація метану у побічному продукті газоповітряної суміші дуже змінюється та нестабільна. Можливості стабільної роботи когенераційних установок енергоджерел працюючих на даній суміші обмежено процентним змістом метану 27%. При зменшенні концентрації спрацьовує захист, та енергоджерело не працює. Тому для стабільної роботи енергоджерел на базі когенераційних установок протягом тривалого часу є необхідність додаткового дослідження і розглядання схем стабілізації проценту концентрації метану у газоповітряної суміші безпосередньо перед подачею на обладнання. Для вирішення цієї проблеми необхідне детальне дослідження сировинної бази вугледобувних підприємств, вивчення об'ємних, компонентних на лімітних показників, розробка варіантів схем стабілізації чи підвищення концентрації метану в газоповітряної суміші перед подачею на енергоджерело. Шляхів вирішення цієї проблеми можна розглянути декілька, це і встановлення окремих ємностей для зберігання видобутої газоповітряної суміші з достатньо високою концентрацією метану, і підключення до найближчого газопроводу природного газу з установкою вузлу змішення перед енергоджерелом, за допомогою якого концентрація метану може бути стабілізована до необхідного проценту незалежно від вихідної сировини шахти. Можливо також встановлення окремих систем зберігання скрапленого газу з високою концентрацією метану, також з послідовним вузлом змішення для підтримки необхідної концентрації основної газоповітряної суміші. Прийняття схеми буде залежати від розташування підприємства та мереж потенційної наявності природного газу (в якості використання стабілізуючого засобу).

Вирішення проблеми підвищення годин використання енергоджерел працюючих на газоповітряної суміші з шахтним метаном збільшить як економічний так і екологічний ефект застосування таких технологій, а також підвищить ступінь енергозабезпечення та самостійності вугледобувного підприємства.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАРОВИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НИЗЬКОКАЛОРИЙНОГО ПАЛИВА**

**Максимчук С.А., керівник доц. Форись С.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

У господарському комплексі України грає дуже важливу роль електроенергетика. Приблизно половина всього первинного палива (вугілля, нафта, газ, уран), що добуває або імпортує Україна, а також енергія окремих рік використовується для виробництва електричної та теплової енергії. Розвиток електроенергетики стимулює створення нових промислових вузлів. Окремі галузі промисловості територіально наближені до джерел дешевої електроенергії, наприклад, кольорова металургія.

Переважно електроенергію на Україні виробляють ТЕС, ГЕС, ГАЕС й АЕС. У перспективі використання екологічно чистих джерел. Потужність електростанцій України — 52,8 млн кВт. В 2022 році на електростанціях України було вироблено 182,2 млрд кВт·г електроенергії.

Сьогодні в Україні існує гостра необхідність у технічному переозброєнні діючої пилувугільної теплоенергетики з урахуванням сучасних технологій паливopідготовки, спалювання, високоефективних способів зниження шкідливих викидів в атмосферу.

В роботі встановлено вплив використання НРЧ екранів в топочній камері котельних агрегатів при різних видах палива. Використання екранів НРЧ і ВРЧ у вигляді вертикальних багатоходових підйомно-опускних панелей з нижнім підведенням і верхнім відводом середовища, що нагрівається та панелей НРЧ і ВРЧ кожного потоку дозволяє виконати регулювання температури вторинного перегріву пари та виконати підтримку певного співвідношення вода-паливо. Це дозволяє організувати оптимальні умови горіння палива та теплообміну.

З метою підвищення надійності первинного перегрівника останнім по ходу пари включений конвективний перегрівник. Вбудована засувка (ВЗ) та розтопочний сепаратор розташовані після стельового екрана перед ширмовими перегрівачами високого тиску.

Екрани НРЧ і ВРЧ виконані у вигляді вертикальних багатоходових підйомно-опускних панелей з нижнім підведенням і верхнім відводом середовища, що нагрівається. Панелі НРЧ і ВРЧ кожного потоку виконані послідовно на двох стінах топки. Ширмові поверхні перегрівника високого тиску - U-подібні. Вторинний перегрівник виконаний тільки з конвективних елементів. Першим по ходу вторинної пари включено пакет газопаропарового теплообмінника (ГППТО). Потім впливають два щаблі вторинного перегрівника, виконаний у вигляді конвективних пакетів. Перший щабель включений по протитоку, другий щабель – по прямотоку.

Регулювання температури вторинного перегріву пари здійснюється підтримкою певного співвідношення вода-паливо й трьома регуляторами (вприскую чого типу) розташованими в наступному порядку: РВ1 – перед екраном задньої стінки ВРЧ, РВ2 – перед ШПВТ (ширмовий пароперегрівач високого тиску) й РВ3 – перед КПВД (конвективний пароперегрівач високого тиску). Регулювання температури проміжного перегріву пари здійснюється ГППТО, що конструктивно оформлений як трубний пакет конвективної поверхні нагрівання й розміщений в опускній шахті перед економайзером.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОКАЛОРИЙНОГО ПАЛИВА В ПРОТИТОЧНИХ ВАПНЯНО-ВИПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧАХ

Форісь Ю.М., керівник проф. Федоров С.С.

Український державний університет науки і технологій

Виробництво вапна відноситься до енергоємних процесів. Значна частина вапна виробляється у шахтних печах, що пояснюється простотою конструкції печей, низькими капітальними витратами та високою тепловою ефективністю таких агрегатів.

Як правило, на підприємствах у шахтних вапняно-випалювальних печах використовують дорогий природний газ. У середньому, питома витрата природного газу на тону активного вапна дорівнює  $200 \div 220$  кг у.п. При цьому частка витрат на паливо в собівартості вапна становить близько  $50 \div 60$  %. Актуальним є питання скорочення споживання покупного палива на підприємствах за рахунок використання власних енергоресурсів. Одним з можливих варіантів вирішення проблеми є переведення агрегатів на часткове або повне опалення низькокалорійним газом (доменним газом, біогазом, генераторним газом).

У роботі поставлено завдання розрахунково-теоретичного дослідження можливості заміни природного газу доменним у шахтних вапняно-випалювальних печах та виконано оцінку ефективності такої заміни. Дослідження впливу доменного газу на роботу вапняно-випалювальної печі було проведено з використанням математичної моделі агрегату. Математична модель враховує газодинаміку та теплообмін у шахтній протиточній вапняно-випалювальній печі з центральним та периферійним підведенням газоподібного палива.

Критерієм заміни природного газу стала умова збереження теплової потужності пальників печі. При цьому, як технологічне обмеження по максимальній витраті доменного газу розглядалися пропускна здатність існуючих пальникових пристроїв.

Згідно з виконаними оцінками гранично допустима об'ємна частка доменного газу в природно-доменній суміші становить близько  $g_{дг} = 0,8$ . При цьому теплота згоряння такої суміші дорівнює  $9,4$  МДж/м<sup>3</sup>. Як базовий був прийнятий оптимальний режим роботи печі на природному газі: сумарна витрата природного газу  $1100$  м<sup>3</sup>/год; витрата повітря на центральний пальник  $1000$  м<sup>3</sup>/год; витрата рециркуляту  $750$  м<sup>3</sup>/год; витрата повітря на низ печі  $9500$  м<sup>3</sup>/год; витрата вапняку  $314$  т/год; ступінь випалювання вапняку  $85$  %.

Згідно з отриманими даними, залежно від подачі доменного газу, на центральну або периферійні пальники, піч поводить по-різному. Так, за інших рівних умов збільшення витрати доменного газу ( $g_{дг} = 0 \div 0,8$ ) на центральний пальник призводить до деякого погіршення роботи печі. Температура газів у центральній зоні падає і це сприяє погіршенню якості випалу вапняку. При цьому, хімічний недопал палива знижується, проте зростають втрати теплоти з газами, що йдуть. При подачі доменного газу ( $g_{дг} = 0 \div 0,8$ ) на периферійні горілки температура біля стінок печі в шарі знижується аналогічним чином. Проте, робота бічних пальників характеризується наявністю надлишку окислювача. З іншого боку, збільшення витрати природно-доменної суміші на периферії турбулізує пристінну область, покращуючи тим самим умови перемішування. Зрештою обидва фактори позитивно позначаються на роботі печі і сприяють збільшенню ступеня випалу матеріалу.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО СЕКТОРУ**

**Чистяков М.В., керівник доц. Козлов Я.М.**

**Український державний університет науки і технології**

В складний час для України, при повних блекаутах електромереж постала проблема в дослідженні автономних систем електропостачання приватних будинків на протязі значного проміжку часу, з метою підвищення енергоефективності, надійності та економічності.

В якості об'єкта дослідження був обраний приватний будинок площею 64 м<sup>2</sup>, розташований у м. Дніпро, в якому проживає сім'я з 4-ох осіб.

В якості базової схеми електропостачання прийнята автономна схема на базі дизель-генератора. Обраховано середньорічне електричне навантаження об'єкта, яке склало 40 кВт·год/день, з піковим значенням 9,4 кВт.

Отже, для покриття цього електричного навантаження та організації автономного електропостачання будинку в базовому варіанті використовувався дизельний генератор потужністю 10 кВт.

Досліджували систему на протязі 25 років її експлуатації.

Поставлена задача вирішувалась за рахунок розробки комплексної системи електропостачання на базі відновлюваних джерел енергії, а саме сонячної та вітрової.

Моделювання проводилось з застосуванням інтерактивного програмного забезпечення «HOMER», яке розроблено американською Національною Лабораторією відновлюваних джерел енергії (NREL).

Розрахунки показали, що найбільш раціональною схемою автономного електропостачання заданого об'єкта може виступати комплексна система автономного електропостачання на базі дизель-генераторів 3 та 10 кВт, вітрової електричної установки на 11 кВт та сонячної електричної станції на 1 кВт з термоконтролером для скидання надлишку згенерованої електроенергії.

Приведена вартість згенерованої енергії автономною системою при цьому склала  $LCOE = 0,492$  \$/кВт, що в 2,85 разів менше за базову версію. Річні витрати пального знизились на 8041 л/рік, при середньогодинній витраті 0,351 л/год. Термін окупності такої системи склав 1,04 року.

Сформовані рекомендації дозволяють у короткі терміни оптимізувати споживання органічного пального для генерації електроенергії, зменшити потужність генераторів, підвищити надійність системи та суттєво покращити екологічну ситуацію у регіоні.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛОАГРЕГАТИВ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОВИТРАТ**

**Дугарь В.В., керівник доц. Козлов Я.М.**

**Український державний університет науки і технології**

Україна, як і багато інших країн, стикається з серйозними проблемами у сфері енергозабезпечення та споживання енергоресурсів. Обмежені резерви власних природних енергетичних ресурсів та залежність від імпорту все це стає першочерговим завданням для енергонезалежності будь якої країни.

Розвиток технологій та наукові досягнення в галузі енергозбереження пропонують широкий спектр можливостей для покращення ефективності котельного обладнання. Впровадження сучасних енергоефективних технологій та інноваційних рішень може забезпечити значні економічні та екологічні переваги регіонів, де

використовується обладнання.

Основними видами палива в централізованому тепlopостачанні (ЦТ) в Україні більше 90 % палива – викопне. Доля різних видів палива в ЦТ: природний газ – 78%, тверде паливо – 9,3%, рідке паливо – 3,7%. У структурі собівартості теплової енергії близько 70% становить вартість природного газу, 11÷15% вартість електроенергії та приблизно 8% – вартість технічної води.

Тому актуальною є задача реконструкції котлоагрегатів, що вичерпали ресурс, з використанням сучасних високоефективних енергозберігаючих технологій тобто, потрібно привести технології, що використовуються в котлах при спалюванні палив, до економічно обґрунтованих з урахуванням ціни на паливо, в нашому випадку природного газу.

У якості об'єкта дослідження був обраний котлоагрегат типу НІИСТУ-5.

Запропоновано у якості модернізації котлоагрегату НІИСТУ-5 перевести його з природного газу на біопаливо, а саме пелети з лушпиння соняшника.

Модернізація котлоагрегату НІИСТУ-5 передбачала встановлення предтопка, який замінює пальникові пристрої водогрійного котла та працює на біопаливі; встановлення двосвітного водотрубного екрану, додаткової конвективної поверхні для більшої утилізації тепла димових газів і для підвищення ККД котельного агрегату; встановлення теплоізоляції з метою зменшення втрат тепла з зовнішнім охолодження котлоагрегату. Економічно обґрунтована доцільність встановлення нового обладнання та визначений термін окупності проекту.

Реалізація запропонованих заходів дозволила знизити температуру відхідних димових газів до 214 °С, збільшити ККД котельного агрегату на 1,7 %.

## **РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ПІДЗЕМНОЇ ПРОКЛАДКИ**

**Беленко А. І., керівник проф. Біляєва В. В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Теплові втрати є показником енергоефективності експлуатації системи тепlopостачання, так як вони відіграють значну роль в тарифах на теплову енергію. Визначення фактичного значення величини тепловтрат є однією з головних практичних завдань в системі енергоресурсозбереження. Теплові втрати трубопроводів теплових мереж залежать від різних факторів, таких як діаметр трубопроводів, тип та глибина прокладки, застосовані теплоізоляційні матеріали, стан трубопроводів.

Опалення населених пунктів здійснюється, в основному, двотрубними тепловими мережами, в яких одним трубопроводом до споживача подається гарячий, а другим повертається холодний теплоносій. Теплові мережі прокладаються переважно в підземних каналах, крім цього, також застосовується безканалний спосіб та наземний. Підвищені теплові втрати теплових мереж пояснюються не тільки низькими теплоізоляційними властивостями трубопроводів, але й значним фізичним зношенням тепломагістралей.

Напрямок теплопроводів вибирається з теплової карти району з урахуванням матеріалів геодезичної зйомки, плану існуючих і намічених надземних і підземних споруд, даних про характеристику ґрунтів і т. д. Питання про вибір типу теплопроводу (надземний або підземний) вирішується з урахуванням місцевих умов і техніко-економічних обґрунтувань.

Таким чином, питання знаходження мінімальних теплових втрат залишається відкритим. Для аналізу теплових втрат трубопроводів теплової мережі пропонується розглянути наявність двох теплопроводів, подавального та зворотнього, що прокладені

підземним безканалним способом. Отримані результати теплових втрат порівнюються з тепловими втратами аналогічних трубопроводів, прокладених у непрохідному каналі. Поставлена задача розв'язується за допомогою сучасних обчислювальних програм, які дозволяють врахувати різні фактори, що впливають на величину теплових втрат.

### **АНАЛІЗ НАГРІВУ РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТАМИ ПІД ДІЄЮ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**Гаренко О. М., керівник проф. Біляєва В. В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Значення нафти в даний час важко переоцінити, оскільки нафта та газ є найважливішими енергоносіями в сучасному світі. Використання нафти можливо в самих різних галузях народного господарства.

Оскільки нафта і нафтопродукти є вкрай горючими речовинами, то до їх зберігання і транспортування пред'являються особливі вимоги. Пожежна безпека резервуарів і резервуарних парків повинна забезпечуватися за рахунок запобігання розливу і розтікання нафти, запобігання утворенню на території резервуарних парків горючого пароповітряного середовища і запобігання утворенню в займистому середовищі джерел запалювання. Також велику роль відіграє протиаварійний захист, здатний запобігти аварійному виходу нафти з резервуарів, обладнання і трубопроводів, і роль організаційних заходів з підготовки персоналу, який обслуговує резервуарний парк, щодо попередження, локалізації і ліквідації аварій, аварійних витоків, а також пожеж і загорянь.

Резервуарні парки є основним місцем для зберігання нафти та нафтопродуктів. У випадку виникнення пожежі в одному із резервуарів виникає небезпека нагріву і вибуху сусідніх резервуарів. Це суттєво ускладнює роботу пожежних підрозділів. Тому для практики важливою є оцінка часу, через який резервуар може нагрітися до вибухонебезпечної температури. В рамках цієї задачі розглядався резервуар з визначеними геометричними розмірами, що знаходиться на відстані від такого ж палаючого резервуару. Розраховувалась температура циліндричного резервуару вздовж стінки, що не дотикається до нафтопродукту, з урахуванням коефіцієнту чорноти стінок резервуару, початкової температури, температури навколишнього середовища та коефіцієнту конвективного теплообміну.

### **АНАЛІЗ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ**

**Колосов І. В., керівник доц. Коломієць О.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

При сучасному будівництві приватного будинку особлива увага приділяється його конструктиву. Це не просто, адже саме від його якості залежатиме енергоефективність системи кліматозабезпечення.

Основне завдання — мінімізувати тепловтрати через огорожувальні конструкції. Чим менше тепла втрачає конструкція будівлі, тим менше енергії використовується на опалення у приватному будинку.

Необхідність установки витяжних вентканалів відпадає за наявності припливно-витяжної системи рекуперацією. Тому, щоб уникнути тепловтрат, відповідно і додаткових навантажень на систему опалення, ми рекомендуємо використовувати систему вентиляції з рекуператором.

Найкращим варіантом сучасного опалення в будинку є система з використанням теплового насоса, який дозволить реалізувати не тільки систему опалення в холодний

період, але й охолодження в теплий період, разом із системою цілорічного гарячого водопостачання. У принципі роботи теплового насоса закладено енергію невичерпних безкоштовних низькопотенційних джерел тепла (повітря, земля, вода) та електрики. Внаслідок цього система опалення будинку менш витратна при експлуатації. Основним показником ефективності теплового насоса під час роботи в зимовий період є COP— це коефіцієнт, який характеризує співвідношення отриманої теплової енергії і витраченої електричної. Чим вищий показник COP, тим енергоефективніша робота інженерної системи. Переваги теплових насосів:

1. Універсальність. Тепловий насос здатний працювати як у бівалентному режимі (з використанням додаткових джерел тепла: електричного котла, сонячного колектору тощо), так і автономному (самостійно).

2. Екологічність. Через відсутність процесів горіння відсутні викиди диму, а також ризики займання.

3. Економія енергоресурсів. Тепловий насос споживає енергію навколишнього середовища.

4. Погодозалежне регулювання. Система опалення будинку регулюється з огляду на параметри навколишнього середовища та автоматично регулює свою потужність для підтримки необхідних параметрів. Погодозалежне регулювання дозволяє:

- економно витратити енергетичні ресурси;
- підтримувати оптимальні умови для мешканців.

Підсумуємо: тепловий насос підходить для енергоефективного будинку, оскільки саме в таких умовах обладнання здатне реалізувати свій потенціал.

Для високоефективної та економічної роботи системи необхідно передбачити:

1. Наявність конструкції припливно-витяжної вентиляції із рекуперацією. Нам уже відомо, що система вентиляції необхідна для зниження тепловтрат та організації повітрообміну без відкритих вікон.

2. Наявність низькотемпературної системи опалення (теплої підлоги, стін). Тепла підлога є невід'ємною частиною реалізації ефективної системи опалення з тепловим насосом. Для найкращого результату роботи крок укладання теплої підлоги має становити 15 см.

## **ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОХОЛОДЖЕННІ**

**Рєпін В.С., керівник доц. Коломієць О.В.**

**Дніпровський фаховий коледж будівельно-монтажних технологій та архітектури**

Після значного поширення використання холодоагентів у промисловості наукові дослідження виявили значний вплив їх на навколишнє середовище. Один з таких серйозних впливів - це парниковий ефект, що виникає внаслідок того, що деякі гази земної атмосфери затримують інфрачервоне випромінювання Землі. Якраз холодоагенти з вмістом хлору і належать до таких газів в значно більшій мірі, ніж пресловутий двоокис вуглецю. Ще більшу небезпеку для атмосфери планети несе здатність холодоагентів з вмістом хлору руйнувати озоновий шар Землі. Тому в кінці минулого століття на міжнародному рівні були прийняті рішення про скорочення і навіть заборону виготовлення і використання холодоагентів, що в тій чи іншій мірі руйнують озоновий шар нашої планети. Рада ЄС, Європарламент та Європейська Комісія наприкінці 2022 року ухвалили Спільну декларацію про законодавчі пріоритети ЄС на 2023 та 2024 роки. DiXi Group пропонує огляд ініціатив.

Зелені технології в охолодженні спрямовані на зменшення енергоспоживання та негативного впливу на довкілля під час процесів кондиціонування повітря. Деякі з

таких технологій включають:

- використання відновлювальних джерел енергії: Заміна традиційних систем кондиціювання повітря на ті, що працюють на сонячних панелях або використовують геотермальну енергію, дозволяє значно зменшити споживання електроенергії та викиди в атмосферу;

- використання ефективних теплообмінників: Використання вискоефективних теплообмінників у системах кондиціювання дозволяє зменшити втрати тепла та підвищити загальну енергоефективність системи;

- використання водяного охолодження: Системи охолодження, які використовують воду для охолодження повітря, можуть бути більш енергоефективними та менш шкідливими для навколишнього середовища, ніж традиційні компресорні кондиціонери;

- використання технологій збереження енергії: Впровадження технологій збереження енергії, таких як теплові насоси з інтегрованими системами зберігання тепла, може допомогти знизити споживання електроенергії під час охолодження будинків;

- використання розумних систем керування: Впровадження розумних систем керування, які адаптують роботу кондиціонерів до реальних умов та потреб користувачів, може значно зменшити споживання електроенергії;

- використання натуральних систем охолодження: Використання природних методів охолодження, таких як використання вентиляції, штор або добре розроблених дизайнів будівель, може допомогти знизити потребу в електроенергії для кондиціювання повітря.

Відповідно до ASHRAE 34, холодоагенти поділяються на групи залежно від токсичності і горючості. Нетоксичні та легкозаймисті холодоагенти A2L набувають популярності як відносно простий спосіб подальшого зниження потенціалу глобального потепління (GWP).

## **РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АГРЕГАТИВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ШТУЧНОГО ГРАФІТУ**

**Губинський С.М., керівник доц. Усенко А.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Особливість технології виробництва штучного графіту у високотемпературних печах електротермічного киплячого шару (ЕКШ) полягають у необхідності нагріву до температури 3 000 °C та витримки, яка складає 50-60 хвилин для антрациту Донецького басейну. 63,2 % часток перебувають в шарі менш  $\tau_{\text{ср}}$ . При цьому розбіг по часу перебування підвищується при малому часі переходу від завантаження до вивантаження. У печах з ЕКШ як правило завантаження матеріалу відбудеться з верху на киплячий шар, а вивантаження на рівні газорозподільчої решітки. Таким чином, час переходу визначається вертикальною швидкістю переміщення часток у шарі. Розрахунки на основі залежностей вертикальної швидкості часток у киплячому шарі показали, що час транспортування від поверхні шару до газорозподільчої решітки при висоті шару 1м складає від декількох секунд до декількох десятків секунд в залежності від числа псевдозрідження. Таким чином, використання режиму термообробки у класичному безперервному режимі роботи печі ЕКШ не забезпечить стабільності якості штучного графіту.

Для вирішення цього завдання пропонується конструкція печі ЕКШ (патент України 154510), яка включає традиційну робочу камеру з центральним та графітовою

футерівкою (бічним електродом) де відбувається нагрів сировини у електротермічному киплячому шарі. Додатково піч має камеру витримки, яка знаходиться між газорозподільною решіткою та холодильником готової продукції. Режим роботи печі – дискретно безперервний з робочим циклом з наступних етапів:

- завантаження матеріалу у робочій простір – 5 хв,
- нагрів та витримка у робочому просторі –  $10 \div 20$ хв,
- вивантаження матеріалу з камери витримки – 5 хв.

## **РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ РАФІНУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГРАФІТУ**

**Губинський С.М., керівник доц. Усенко А.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Печі з електротермічним киплячим шаром (ЕКШ) для рафінування природного графіту працюють у безперервному режимі бо не потребують додаткової витримки. Аналіз їх теплового балансу показав, що основним джерелом підвищення енергетичної ефективності роботи печей є використання вторинного теплового ресурсу – теплоти готового продукту. Особливістю утилізації теплових ВЕР є не можливість контакту очищеного матеріалу з металевими теплообмінними поверхнями та «брудним» проміжним теплоносієм. Саме таким вимогам відповідає підхід де класична конструкція печі ЕКШ додатково має секцію теплоутилізатору з камерою підігріву сировини у киплячому шарі. Нагрів сировини відбувається за рахунок теплообміну від гарячих труб, по яких транспортується матеріал. У верхній частині камери основний вид теплообміну – випромінювання, у нижній частині теплообмін до киплячого шару який складається з випромінювання та конвекції. Для аналізу ефективності роботи теплоутилізатору на основі киплячого шару сировини було проведено математичне моделювання одного теплообмінного модулю що включає один канал для сходу обробленого матеріалу. Шляхом математичного моделювання доведено, що використання теплоутилізатору забезпечить підігрів сировини до  $500 \div 700$  °С та дозволить зменшення енерговитрат на  $15 \div 23$  % при рафінуванні природного графіту у печі ЕКШ.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ КАРБЮРИЗАТОРІВ**

**Форись О.М., керівник доц. Федоров С.С.**

**Український державний університет науки і технологій**

Перехід світового виробництва до «зеленої» економіки потребує розвитку та впровадження нових інноваційних технологій у промисловості. У першу чергу, це стосується енергоємних галузей, зокрема металургії та супутніх процесів переробки. Метою експериментальних досліджень на кафедрі Енергетичних Систем та Енергоменеджменту УДУНТ є створення нового процесу високотемпературного синтезу карбюризаторів на основі вихідної сировини, вугілля високого ступеню метаморфізму, для потреб сталеплавильного виробництва за допомогою електротермічних печей з киплячим шаром (печей ЕКШ).

Експериментальні дослідження проводились на унікальній лабораторній печі, яка забезпечує відтворення технологічних умов печей ЕКШ, зокрема температури процесу до  $3000^{\circ}\text{C}$ , швидкості нагрівання (до  $1000^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ) та витримки матеріалу (5-60 хв). Лабораторна піч являла собою тигель у середній резистивного нагрівача, створеного на основі композитного матеріалу; робота установки відбувалась в атмосфері інертного

газу (аргону). Отримані зразки вуглецевого матеріалу досліджувались на вміст сторонніх домішок за допомогою XRF-аналізу.

На основі експериментальних досліджень проведених для антрациту Донецького басейну, отримані кінетичні криві зміну вмісту хімічних елементів в карбюризаторі в залежності від часу витримки та температури обробки. Визначені раціональні технологічні режими печей ЕКШ, які дозволяють отримати карбюризатори певної якості з точки зору наявних сторонніх хімічних елементів.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА**

**Зінченко В.О., керівник доц. Усенко А.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Одним з головних шляхів зниження об'єму викидів парникових газів та економії традиційних видів палива, є заміна викопного палива на відновлювальні джерела енергії, у тому числі, на біопаливо. У той же час вибір напрямків розвитку біоенергетичних технологій визначається не тільки техніко-економічними показниками, а й їх екологічною ефективністю.

У зв'язку з цим, вирішення задач, що пов'язані з визначенням найбільш перспективних технологій енергетичного використання біопалива на основі розробки об'єктивних екологічних критеріїв та можуть забезпечити ефективне зниження викидів парникових газів і низьку собівартість енергетичної продукції, є актуальними та вимагають додаткових досліджень.

У роботі запропоновано новий показник питомого зниження викидів парникових газів  $\epsilon_{CO_2}$ , на основі якого розроблено методику, що дозволяє здійснити аналіз екологічної ефективності енергетичного використання біопалива. Даний екологічний критерій дозволяє об'єктивно порівнювати біоенергетичні технології незалежно від: виду та якості палива, виду виробленої енергії, виду використовуваного біопалива, К.К.Д. теплових агрегатів. На основі цього показника у роботі виконано аналіз зниження емісії парникових газів в атмосферу при повній або частковій заміні викопного палива різними видами біопалива при різних способах його переробки.

На підставі досліджень, що виконано, визначено діапазони можливого питомого зниження викидів парникових газів при заміні викопного палива на біопаливо (на прикладі біомаси) з використанням технологій прямого спалювання, газифікації та піролізу. Величини можуть змінюватися в діапазоні  $4\ 350 \div 1\ 330$  гCO<sub>2</sub>-экв /кг у.п.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАРИЛЬНИХ ПАНЕЛЕЙ**

**Воронко С.П., керівник доц. Усенко А.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

Роботу спрямовано на дослідження енергетичної ефективності варильних панелей газового, індукційного і резистивного нагріву.

Проблеми політичного і економічного характеру загальмували розвиток енергетики, що призвело до зниження виробництва електроенергії. Гостро постала проблема забезпечення ТЕС України вугіллям антрацитової групи. На сьогодні головними завданнями енергетики є модернізація та реконструкція теплових станцій, подовження терміну експлуатації атомних електростанцій, зниження рівня шкідливих викидів в атмосферу, впровадження інноваційних технологій у всіх галузях

промисловості, включаючи ЖКГ, зменшення втрат енергії, а також розвиток малої енергетики.

Також у роботі доведено, що енергозатрати у секторі ЖКГ, у тому числі, на приготування їжі в установах громадського харчування, складають вагомую долю у загальному енергетичному балансі країни. Тому, у розділі розглянуто основні типи варильних панелей, наведено основні переваги та недоліки.

Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дає можливість заощаджувати органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби споживачів, є зниження витрат викопного палива та електричної енергії шляхом застосування сучасних варильних панелей в установах громадського харчування та у побутових споживачів (індукційні варильні панелі).

В роботі наведено методику, результати експериментальних досліджень та порівняння ефективності використання трьох типів варильних панелей: газової, а також електричних – чавунної та індукційної.

Енерговитрати при використанні індукційної плити в середньому в  $2 \div 3$  рази нижче, ніж при використанні електричної чавунної плити аналогічної потужності і ступеня завантаження устаткування.

Енерговитрати при використанні індукційної та газової плит знаходяться практично на одному рівні, однак тут потрібно враховувати великі виділення теплової енергії при горінні газу, які повністю відсутні при роботі індукційної конфорки. Внаслідок чого необхідно забезпечувати приміщення, де встановлені газові плити, додатковими установками для кондиціонування повітря, а також потужними витяжними пристроями. Крім того, при використанні газових конфорок, велика ймовірність опіків працівників громадського харчування та вибухів газоподібного палива, що диктує додаткові умови і вимоги щодо охорони праці.

Таким чином, з огляду на все вищевикладене, можна дати рекомендації та зробити висновок про те, що на підприємствах громадського харчування найбільш доцільно використовувати для приготування їжі саме індукційні варильні панелі.

Індукційні кухонні плити мають ряд переваг, які відсутні у газових та електричних чавунних аналогів. А саме: висока швидкість нагріву; високий ККД (до 90 %); конфорка працює тільки при наявності на ній спеціалізованої посуду; висока безпека; немає необхідності встановлювати потужні витяжні пристрої та здійснювати глибоке кондиціонування повітря для видалення надлишків тепла, що виділяється при роботі кухонного обладнання.

Крім того, це обладнання зручно в експлуатації, безпечно, володіє високими санітарно-гігієнічними характеристиками. Швидкість теплової обробки при використанні індукційної плити збільшується більш, ніж в  $2 \div 4$  рази. Незважаючи на більш високу вартість, різниця у вартості з традиційними електро- та газовими плитами окуповується не більше, ніж за 0,5 року. Тому, даний тип індукційних варильних панелей можна рекомендувати не тільки для ресторанів, кафе та їдальнь, а й для державних підприємств – харчоблоків шкіл та інших освітніх установ, дитячих садків, лікарень, санаторіїв, профілакторіїв та ін.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ**

**Гончаров Д.В., керівник доц. Усенко А.Ю.**

**Український державний університет науки і технологій**

На даний час, одним з найбільш реальних та ефективних способів економії природного газу, теплової та електричної енергії в секторі житлово-комунального господарства є скорочення теплових втрат через закриті вікна окремих приміщень. Такі втрати в опалювальний період можуть досягати 70 % від усіх витрат теплової енергії, ціна й дефіцит якої безупинно зростає.

У роботі проведено аналітичні дослідження ефективності використання енергозберігаючої плівки. Монтаж такої плівки на віконну раму, що є, по суті, «третім склом» й перетворює однокамерний (двокамерний) склопакет в двокамерний (трьохкамерний), дозволить мінімізувати основні теплові втрати у побутових, виробничих, офісних та інших приміщеннях.

Енергозберігаюча плівка є багатошаровим композитним матеріалом, кожен шар якого не перевищує кілька мікрометрів та покритий спеціальним захисним ультратонким шаром, що дозволяє не порушувати видимість й пропускну здатність світла, тоді як енергозбереження здійснюються на високому рівні, тому що плівка перешкоджає виходу тепла за межі приміщення.

Завдяки мікроскопічній товщині шарів, що наносяться, теплозберігаюча плівка має ефект переломлення, що дозволяє низько-емісійній плівці стати ефективним теплоізолятором. Унікальна структура продукту, що досягається за рахунок дотримання усіх правил виготовлення (суворе дотримання необхідної температури та тиску) не допускає зайвих втрат теплової енергії в зимовий час, зберігаючи оптимальну температуру всередині приміщення, тоді як в літній час перешкоджає притоку теплого повітря всередину приміщення ззовні, що також сприяє створенню комфортної температури в літні місяці.

Енергозберігаючий ефект досягається за рахунок низького коефіцієнта теплопередачі самої плівки та за рахунок додаткової повітряної подушки, що утворюється між плівкою та склом.

Таким чином, застосування енергозберігаючої плівки дозволить: підвищити температуру у приміщенні в зимовий період при одночасному істотному зниженні витрат палива та виключенні із загального теплового балансу додаткового обігріву; скоротити теплові втрати на 25 ÷ 30 %, а в опалювальний період – до 70 %; зменшити комунальні платежі за теплову енергію не менше ніж на 25 %.

## **ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕНТИЛЯТОРУ АСПІРАЦІЇ В1 КОНВЕРТОРНОГО ЦЕХУ В УМОВАХ ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»**

**Каленик О., керівник викл.-метод. Капанжи С.**

**Придніпровський металургійний фаховий коледж**

В даний час більше 60% всієї виробленої у світі електричної енергії споживають електричні двигуни. Звідси й можна зробити висновок, що ефективність енергозберігаючих технологій значною мірою визначають ефективністю електропривода. Розробка високопродуктивних, компактних й економічних систем приводу є пріоритетним напрямком розвитку сучасної техніки. Аналіз продукції провідних світових виробників систем електроприводу дозволяє зробити висновок, що неухильно зростає частка систем приводу з двигунами змінного струму. У більшості

таких електроприводів використовують асинхронні електродвигуни з короткозамкнутим ротором.

Ріст ступеня інтеграції в мікропроцесорній техніці й перехід від мікропроцесорів до мікроконтролерів з вбудованим набором спеціалізованих периферійних пристроїв, зробили необоротною тенденцію масової заміни 7 аналогових систем керування приводами на системи прямого цифрового керування. Задані характеристики електроприводу підтримуються мікропроцесорною системою керування на протязі всього терміну роботи, а, при необхідності, можуть корегуватись шляхом вдосконалення алгоритмів керування на програмному рівні. Це дозволяє, не змінюючи структури системи керування, покращувати її ефективність, а в кінцевому рахунку – збільшити термін роботи електрообладнання та знизити експлуатаційні затрати.

Розвиток бездротових інформаційних систем та нового покоління датчиків фізичних величин дозволяє поруч з модернізацією енерговитратних силових кіл суттєво покращати як технологічну складову (плавність та точність позиціонування виконавчих органів), так і інформаційну складову роботи підйомно-транспортного обладнання (розвинена діагностика електромеханічного обладнання, дистанційний автоматизований безперервний контроль роботи механізмів).

Сучасні трифазні енергозберігаючі двигуни дозволяють суттєво знизити витрати на електроенергію завдяки вищому коефіцієнту корисної дії. Тобто такі двигуни здатні виробити більшу кількість механічної енергії з кожного витраченого кіловата електричної енергії. Більш ефективне витрати енергії досягається за рахунок індивідуальної компенсації реактивної потужності. При цьому конструкція енергозберігаючих електродвигунів відрізняється високою надійністю та [тривалим терміном](#) служби.

З розрахунків роботи видно, що використання частотно-регульованого електропривода більш виправдане ніж використання традиційного, це можна побачити по витратах електроенергії при регулюванні засувкою та регулюванням обертів робочого колеса.

Використання методу регулювання швидкістю робочого колеса дає економію енергоспоживання 280,8 кВт·год на добу та 2,46 кВт·год на рік.

Тому, якщо переважають недоліки традиційного приводу, вони можуть бути зменшені шляхом заміни його частотно-регульованим електроприводом.

#### *ПІДСЕКЦІЯ «ТЕПЛОТЕХНІКА»*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПОВІТРЯ, ДИМОВИХ ГАЗІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО КИСНЮ В ЯКОСТІ ОКИСНЮВАЧА ПРИ ОПАЛЕННІ ДОМЕННИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ** **Григор'єв А.С., керівник доц. Гупало О.В.** **Український державний університет науки і технологій**

Підвищення температури нагріву доменного дуття є одним із відомих способів економії коксу при виробництві чавуну. Для нагрівання дуття використовуються повітрянагрівачі, які зазвичай опалюються доменним газом. В роботі досліджено ефективність застосування одного з відомих методів збільшення температури горіння доменного газу – використання в якості окиснювача для спалення доменного газу в повітрянагрівачах суміші повітря, димових газів та технологічного кисню. Для підготовки суміші блок повітрянагрівачів оснащується додатковим обладнанням: топкою для спалювання доменного газу з атмосферним повітрям, та змішувачем, в якому високотемпературні димові гази, що утворюються при спалюванні палива в

топці, змішуються з атмосферним повітрям та технологічним киснем з утворенням повітряно-димової суміші у складі якої міститься 21 % кисню. Використання підготовленої таким чином суміші збільшує температуру горіння палива в повітрянагрівачах і забезпечує підвищення температури нагріву насадки, що в свою чергу сприяє підвищенню температури нагріву доменного дуття.

За результатами роботи визначено, що використання повітряно-димової суміші не призводить до суттєвого зниження виходу димових газів, які утворюються при спалюванні палива в повітрянагрівачах, що не погіршує теплообмін в насадці теплообмінників, а також підвищує повноту використання власних енергоресурсів підприємства (доменного газу і технологічного кисню) при наявності їх залишків.

### **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КІЛЬЦЕВОЇ ПЕЧІ**

**Токмаков П.В., керівник доц. Гупало О.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

На підприємстві ПАТ «Інтерпайп НТЗ» для термічної обробки коліс застосовуються кільцеві печі, що опалюються природним газом. В роботі виконано аналіз технічного стану печі колесопрокатного цеху й техніко-економічних показників її роботи. Визначено, що піч має суттєві резерви для покращення показників енергоефективності. В якості заходів, спрямованих на зниження витрат палива на теплову обробку металу, запропоновано: реконструкцію футерівки печі, яка полягає в заміні цегляної вогнетривкої футерівки на футерівку виконану із сучасних керамічних вогнетривів, які характеризуються низькими коефіцієнтами теплопровідності; удосконалення системи утилізації теплоти димових газів шляхом заміни рекуперативного теплообмінника, який відпрацював свій термін експлуатації та втратив газощільність, на новий рекуператор, виконаний із жароміцної сталі.

Розроблено математичну модель печі, з використанням якої досліджено процеси нагрівання металу і визначено техніко-економічні показники печі до і після реконструкції. Визначено, що впровадження заходів забезпечить підвищення максимальної продуктивності печі з 17 до 20 т/год, збільшення температури підігріву повітря з 100 до 400 °С та економію палива на нагрівання металу 30 %.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ КАМЕРНОЇ ПЕЧІ ТА ВИБІР ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

**Чуйкін О.Г., керівник доц. Гупало О.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Підвищення енергоефективності теплових агрегатів в металургії є однією з актуальних задач, оскільки витрати палива на теплову обробку металу напряму впливають як на собівартість продукції, так і на кількісні показники викидів діоксиду вуглецю та шкідливих речовин у довкілля.

В роботі в якості об'єкту дослідження вибрано камерну піч з нерухомим подом ремонтно-механічного цеху. Досліджено нагрівання садки металу з 20 прямокутних заготовок розміром 80 x 80 x 450 мм, які нагріваються до кінцевої температури поверхні 1050 °С з перепадом температур по товщині заготовки 20 °С. Піч опалюється природним газом і працює на атмосферному повітрі. З метою зниження витрат на нагрівання металу розглянуто низку заходів, спрямованих на підігрів повітря горіння та переведення печі на опалення сумішшю природного та доменного газів. Досліджено зміну показників енергоефективності печі, витрат на нагрівання металу, капіталовкладень, необхідних для

реалізації заходів, та орієнтовного терміну їх окупності. Для впровадження вибрано захід, що забезпечує максимальне зниження витрат на нагрівання металу при мінімальному терміні окупності, який полягає в використанні для опалення печі природного газу і обладнанні печі металевим рекуператором для підігрівання повітря.

### **ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДГРІВУ ДОМЕННОГО ДУТТЯ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ**

**Іваненко В.В., керівник проф. Грес Л.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

Роботу присвячено вирішенню задачі збільшення температури горіння доменного газу, який використовується для опалення повітрянагрівачів доменної печі. Відомо низку способів вирішення поставленої задачі: збагачення доменного газу природним; підігрів компонентів горіння перед спалюванням; збагачення повітря горіння технологічним киснем. В роботі проаналізовано переваги і недоліки цих способів, визначено обмеження, які виникають при їх впровадженні. Показано, що підігрів компонентів горіння перед спаленням шляхом утилізації теплоти димових газів блоку повітрянагрівачів має перевагу над іншими способами, так як не потребує додаткових витрат теплоносіїв. Але відносно низька температура димових газів на виході з повітрянагрівачів обмежує можливості збільшення температур підігріву повітря горіння і доменного газу. Дослідження, виконані в роботі, спрямовані на подолання зазначеного обмеження шляхом обладнання системи утилізації теплоти димових газів додатковою топкою для спалювання доменного газу. Димові гази, які утворюються в топці, змішується з відхідними димовими газами повітрянагрівачів, що дозволяє підвищити їх температуру. Ця суміш димових газів подається в рекуператори для підігріву доменного газу і атмосферного повітря перед їх спаленням в повітрянагрівачах доменної печі. Розроблені технічні рішення дозволяють збільшити температуру підігріву компонентів горіння на 100-110 °С, досягти температури підігріву доменного дуття 1210-1230 °С і забезпечити економію коксу на 2,2-3,3%.

### **ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ДОМЕННОГО ГАЗУ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПІДГРІВУ ДОМЕННОГО ДУТТЯ**

**Геращенко Е.В., керівник проф. Грес Л.П.**

**Український державний університет науки і технологій**

Основним видом палива для нагрівання доменного дуття в повітрянагрівачах є доменний газ, потреби якого складають біля 30 % від загального виходу із доменних печей. Для очистки газу від пилу зазвичай використовують «мокрый» спосіб, що призводить до збільшення вологості очищеного газу, яка досягає 60-200 г/м<sup>3</sup> і залежить від температури газу на виході з доменної печі, використання пилувугільного палива, яке споживає доменна піч, систем очистки газу та охолодження оборотної води. Теплота згоряння доменного газу недостатня для нагрівання дуття до бажаної температури 1150-1250 °С. Тому доменний газ збагачують природним, або нагрівають компоненти спалення (доменний газ та повітря) в теплообмінниках. Але це потребує використання 20-28 млн. м<sup>3</sup>/рік природного газу, або встановлення теплообмінників, що не завжди можливо через відсутність вільного місця на робочих ділянках доменних цехів.

В роботі використано розрахунково-чисельний метод для визначення впливу вологості доменного газу на його теплоту згоряння, температуру під куполом

повітрянагрівачів, відсотковий вміст водяної пари в доменному газі і продуктах спалення, питомий вихід продуктів спалення та вміст і витрати природного газу для збагачення доменного. Для забезпечення однакових параметрів теплообміну і температур в повітрянагрівачах приймали для всіх варіантів однакове значення температури під куполом та загальних витрат димових газів, що проходять через насадку. Відсотковий вміст доменного і природного газів приймали незмінними, а склад і теплоту згоряння природно-доменної суміші розраховували в залежності від вологості доменного газу. Результати розрахунків показали, що зменшення вологості газу забезпечує зниження витрат природного газу в 1,6-2,2 рази (в залежності від пори року), при цьому економія природного газу на блок повітрянагрівачів однієї доменної печі досягає 27 млн. м<sup>3</sup>/рік.

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОХОЛОДЖЕННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ, ОТРИМАНОГО ПРИ ПЕРЕТВОРЕННІ НА ВОДЕНЬ ТВЕРДОЇ ВУГЛЕЦЬ- ВОДНЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ШАХТ**

**Масала П.І., керівник доц. Радченко Ю.М.**

**Український державний інститут науки та технологій**

В роботі проаналізовано відомі методи охолодження газів, що утворюються в процесах газифікації твердого палива.

Метою дослідження є вибір раціонального способу охолодження синтез-газу для умов процесу плазмового перетворення на водень вуглець-водневмісної сировини шахт.

Синтез-газ виходить з установки плазмової газифікації за високих температур від 1800°C до 2500°C. Він містить як тверді частинки, так і різні шкідливі хімічні сполуки, які необхідно видалити перед виділенням із суміші водню. Але процеси газоочищення проходять невисоких температурах, тому виникає потреба в охолодженні синтез-газу.

У загальному випадку охолодження може бути непрямим або прямим. При непрямому охолодженні немає прямого контакту між гарячим синтез-газом і середовищем, що охолоджує. При прямому ж охолодженні гарячий синтетичний газ швидко охолоджується за рахунок упорскування охолоджуючого середовища (води) безпосередньо в газ.

Встановлено, що для умов плазмового процесу отримання синтез-газу з вуглець-водневмісної сировини шахт, перспективними є комбіновані системи охолодження синтез-газу. Завдяки виробленню пари в радіаційному, а потім конвективному теплообміннику ефективно використовується явна теплота одержуваного газу. Наявність вузла водяного охолодження дозволяє очистити та підготувати синтез-газ для подальшого поділу суміші та виділення водню.

### **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПЕЧІ З КРОКУЮЧИМИ БАЛКАМИ**

**Помазанов А.О., керівник доц. Романько Я.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Для нагріву слябів перед прокаткою широко застосовуються печі з крокуючими балками. Вони мають високу продуктивність і споживають велику кількість палива. Для підвищення їх енергоефективності застосовують імпульсне опалення, регенеративну систему спалювання палива, збагачення повітря технічним киснем та інші технічні рішення. Для отримання характеристик печі з крокуючими балками була використана розроблена раніше математична модель. Виконані порівняльні розрахунки

нагріву слябів для випадків роботи печі зі звичайними двопровідними пальниками, регенеративними і кисневими пальниками. Отримано залежності впливу вмісту кисню в дуття на питома витрата палива для нагрівання металу.

Отримані результати моделювання свідчать про можливість досягнення економії палива за рахунок двох різних технічних рішень: регенеративна система опалення та використання кисню. При цьому слід враховувати, що капітальні витрати на встановлення регенеративної системи опалення в кілька разів вищі, ніж витрати на печі кисневими пальниками. У той же час, експлуатаційні витрати в другому випадку (насамперед на технічний кисень) непорівнянні з витратами на обслуговування регенеративних пальників. Тому вибір варіанта модернізації печі залежить від умов, які можуть суттєво відрізнятися для конкретних підприємств.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗІГРІВУ СТАЛЕРОЗЛИВНОГО КОВШУ

**Романько В.В., керівник доц. Радченко Ю.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

У роботі за допомогою математичного моделювання досліджено розігрів сталерозливного ковша з використанням електронагрівача. Наведено результати розрахунків розігріву сталерозливного ковша ємністю 50 тонн. Розраховані теплові потоки та температура внутрішньої поверхні футерування ковша на різній висоті, отримано розподіл температури за товщиною футерування (рис. 1).

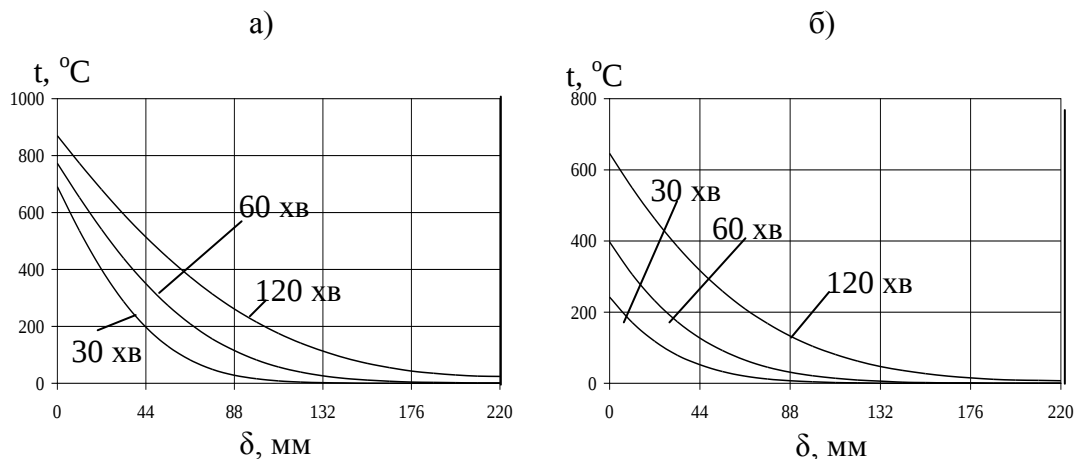


Рисунок 1 – Розподіл температур за товщиною бічної стінки ковша в районі шлакового пояса (а) та днища (б) при нагріванні ковша

Результати математичного моделювання показали, що при розігріванні сталерозливного ковша футерування знаходиться в різних теплових умовах за висотою, що спостерігається протягом усього процесу. Математична модель дозволяє враховувати вплив потужності нагрівача, його конфігурації, розташування та компонування на рівномірність прогріву сталерозливного ковша в процесі його розігріву та сушіння. Вибір оптимальних параметрів нагрівання робить можливим зниження витрати паливно-енергетичних ресурсів на розігрів та сушку стальківша, що сприяє якісному забезпеченню процесу розливання сталі.

## **ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СКЛАДНИХ СТРУКТУР ТА БІМЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ**

**Перетятко Є.В., керівник доц. Каракаш Є.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сучасні промислові застосування вимагають матеріалів із індивідуальними характеристиками та властивостями, що залежать від конкретного місця використання, задовільнити цю потребу в змозі біметалічні конструкції. Вони пропонують унікальні властивості обох матеріалів, виготовляються шляхом з'єднання двох різних матеріалів за допомогою зварювання або пайки. Незважаючи на те, що методи зварювання для з'єднання

двох металів, або сплавів є економічно доцільними, все ще існує багато критичних проблем, таких як керування зоною впливу тепла, розтріскування та передчасне руйнування через утворення крихкої інтерметалічної фази, особливо це стосується зварювання різнорідних металів.

В останні роки Адитивне виробництво (АВ) зосередило свої дослідження у сфері біметалічних матеріалів. Металеві системи АВ розроблені з використанням кількох вихідних матеріалів, що потребують використання різних стратегій друку для отримання біметалічних конструкцій.

## **ОСНОВИ УТВОРЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АГЛОМЕРАЦІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Любчіч А.В., керівник доц. Каракаш Є.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

У металургійному комплексі найбільша кількість шкідливих викидів утворюється на двох перших переділах – аглодоменному та конверторному.

Агломерацією називається процес окускування шихтових матеріалів спіканням за рахунок спалювання палива (коксіка) у самому матеріалі. Агломераційна шихта складається із залізрудного концентрату, залізної руди крупністю не більше 8–10 мм, поверненого некондиційного агломерату 7 крупністю 0–10 мм, колошникового пилу, окалини, стружки, піритових недогарків, вапняку (0–3 мм), коксіка (0–3 мм) у кількості 4–6%, марганцевої руди та 7–9% вологи, необхідної для окомкування.

Початкове очищення газів, що відсмоктуються, відбувається в збірному газопроводі, встановленому під вакуум-камерами. По всій довжині газопроводу є кишень, у яких осаджується пил. Кількість газів, що відходять, становить 300–880 тис. м<sup>3</sup>/год (залежно від типу агломашини), середня температура газів 150 °С, а розрідження за агломашиною становить 8–10 кПа. Для забезпечення допустимих значень ГДК та нормальної роботи димососів вміст пилу в газі, що викидається в атмосферу, має бути не більше 70 мг/м<sup>3</sup>, а при використанні марганцевих та свинцевих руд – не більше 30 мг/м<sup>3</sup>. На теперішній час в експлуатації знаходяться різні конструкції апаратів та систем для очищення агломераційних газів, які часто не задовольняють санітарним вимогам та технічним умовам. еративної

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕГЕНЕРАТИВНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ЇЇ РОБОТИ**

**Ільєнко К.С., керівник проф. Єрємін О.О.**

**Український державний університет науки і технологій**

Компактні теплообмінники регенеративного типу широко застосовуються у системах опалення промислових печей з 80-х років минулого століття. Вони і надалі залишаються ефективними та внесені в список BREF – найкращих доступних технологій та методів управління.

Продукти згорання та повітря, що нагрівається, поперемінно проходять крізь насадку регенераторів, та постійно змінюються як в напрямі, так і в температурних показниках. Теплова ефективність регенераторів напряму залежить від деяких параметрів, які можуть бути закладені ще при конструюванні. Це висота насадки і розміри її елементів, спосіб укладки елементів насадки та їх форма, матеріал насадки та час між реверсом газів, що рухаються в регенераторі. Збільшення висоти насадки призводить до зростання її гідравлічного опору. К тому же ефекту призводить зменшення розміру часток та більш щільна укладка елементів шару. Це вимагає додаткових енерговитрат для роботи тягодуттьових пристроїв і ускладнює експлуатацію системи.

В роботі розглянуто вплив газодинамічних та конструктивних характеристик насадок на ефективність її роботи. Проведено вибір цих характеристик з точки зору ефективності використання теплового потенціалу димових газів в регенераторі з сучасною високорозвинено

## **ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ**

### ***ПІДСЕКЦІЯ «ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ»***

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕНДЕНЦІЙ ТА МОЖЛИВИХ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

**Соболевська С.К., керівник доц. Саввін О.В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Загально відомим визначенням зміни клімату є специфічні зміни мінливості клімату, які продовжуються десятиліттями та довше. Зміна клімату може відбуватися внаслідок зміни сонячного циклу та земної орбіти, діяльності вулканів, спалювання викопного палива, промислових процеси, використання земель. Природний вплив та діяльність людини можуть прямо та непрямо керувати процесом зміни клімату через зміни кількості парникових газів, аерозолей, мікрофізики хмар та сонячного опромінення. Як правило, ці зміни відбуваються в результаті специфічних змін випромінювальної потужності, вони можуть бути позитивними і негативними, а також внаслідок інших впливів, наприклад, зміни у випаровуванні.

Зміни клімату викликають парникове потепління, лісові пожежі, зміни циклу вуглецю, зміну характеристик атмосфери (кількість та час життя хмар), потепління та підвищення кислотності океанів.

Основною задачею людства є розуміння наслідків антропогенної діяльності, раціональне природокористування, зменшення кількості відходів та створення програм адаптації до змін клімату – бо заперечення проблеми її не вирішить, зміни клімату не можливо зупинити, але можна зменшити та підготуватися до нових умов існування.

## **ДІЯ ГМО НА ЛЮДИНУ ТА ЕКОЛОГІЮ**

**Іткіна М.В., керівник доц. Саввін О. В.**

**Український державний університет науки і технології**

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких зазнав змін за допомогою методів генної інженерії.

Метою одержання генетично змінених організмів є поліпшення корисних характеристик вихідного організму-донора для зниження собівартості продукції.

Зараз ГМО використовують в біологічних та медичних дослідженнях, виробництві ліків, генній терапії та у сільському господарстві. За допомогою ГМО вивчаються закономірності розвитку деяких захворювань, процеси старіння та регенерації.

Дуже поширеними є трансгени, стійкі до гербіцидів, шкідників і вірусів. Через них поле звільняється від усіх зайвих рослин, тобто бур'янів, а культури, стійкі до гербіциду виживають.

На даний час немає точних експериментальних даних, які б чітко вказували шкідливість або безпечність ГМО для людини та екології.

Деякі пропозиції щодо небезпечності ГМО для людини: наслідками вживання людиною ГМ-продуктів можуть бути алергічні захворювання, порушення обміну речовин, поява стійкості мікрофлори людини до антибіотиків, віддалений канцерогенний, тератогенний та мутагенний ефекти внаслідок безпосередньої дії трансгенних білків.

Застосування ГМО також несе екологічні ризики. Генна інженерія вміє програмувати нездатність трансгенного організму до репродукції – «термінатор». Проте контролювати поширення ГМ-рослин досить важко.

Математична модель поведінки ГМО-популяції в природних умовах передбачає дві стадії: витіснення вихідної форми, а потім вимирання і самого трансгенного угруповання під тиском стабілізуючого добору.

## **ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ**

**П'яник О. О., керівник доц. Саввін О. В.**

**Український державний університет науки і технології**

Існують новаторські підходи до вимірювання параметрів довкілля, які використовують різноманітні сучасні технології та прилади. Деякі з цих методів використовують передові сенсорні технології, мережі зв'язку та аналітичні інструменти для збору, аналізу та розуміння даних про стан довкілля. Ось кілька найбільш інноваційних з них:

Дистанційне зондування землі (ДЗЗ). Використання супутників та інших засобів для збору даних про землю, водні ресурси, атмосферу тощо. Ці дані можуть використовуватися для моніторингу змін у довкіллі та виявлення проблем.

Географічні інформаційні системи (ГІС). Вони дозволяють збирати, обробляти, аналізувати та візуалізувати географічну інформацію про стан довкілля. Це допомагає приймати управлінські рішення щодо збереження довкілля та ресурсів.

Датчики Internet of Things (IoT). Це компактні пристрої з вбудованими сенсорами, які можуть вимірювати різноманітні параметри довкілля, такі як рівень забруднення повітря, якість води, температура та інші. Отримані дані передаються через мережу IoT для подальшого аналізу.

Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML). Застосування AI та ML для обробки обширних даних про оточуюче середовище, виявлення закономірностей, прогнозування тенденцій та розробки ефективних стратегій управління довкіллям.

Мобільні додатки та платформи. Розробка програм та платформ з метою залучення громадськості до моніторингу довкілля, збору даних та спільного прийняття рішень щодо охорони навколишнього середовища.

Ці інноваційні методи дозволяють здійснювати більш ефективний та точний моніторинг параметрів довкілля, що є важливим для збереження природних ресурсів у сучасному світі.

## **КЛІМАТИЧНІ ОРБИТИ: ВПЛИВИ ТА ТАЄМНИЦІ ПОГОДИ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ**

**Родіонова А.О., керівник доц. Саввін О. В.**

**Український державний університет науки і технології**

Сонячна система - це комплексне об'єднання планет, супутників, астероїдів, комет та інших об'єктів, що обертаються навколо Сонця. Знаходиться в галактиці Чумацький шлях. Розгляд цієї системи допомагає краще зрозуміти природу космічного простору та еволюцію планет.

До складу сонячної системи входить вісім основних планет і п'ять карликових, що обертаються приблизно в одній площині. Їх можна розділити на дві групи: терестріальні планети або як ще називають планети земної групи (Меркурій, Венера, Земля та Марс) та газові гіганти або планети-гіганти (Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун).

Центральною і найбільшою частиною сонячної системи є Сонце. Воно становить близько 99,8% загальної маси системи і грає вирішальну роль у сутності та руху всіх інших об'єктів. Інсоляції сонячними променями-головний фактор формування клімату планет.

Якщо на Землі не було б парникового ефекту, то температура була меншою на 17 градусів.

Венера-друга планета від Сонця і найближча до Землі. Венера оповита дуже щільним шаром хмар, за якими неможливо розгледіти поверхню. Хмари проливаються кислотними дощами і пропускають тільки 40% сонячного світла, тому на планеті панує вічний морок.

Аналіз структури атмосфери Венери виявляє наявність парникових газів, таких як вуглекислий газ, які утримують тепло і створюють ефект парникового газу, подібний до того, що спостерігається на Землі.

Парниковий ефект на планеті дуже інтенсивний, призводячи до температур на поверхні, які сягають близько 470 °C, найвищих серед усіх планет сонячної системи.

Аналогічно до Землі, на Венері парниковий ефект виникає через здатність її газів поглинати і переносити тепло, що випромінюється поверхнею планети, зменшуючи теплове випромінювання в космос.

Негативним наслідком є інтенсивний парниковий ефект який призводить до екстремальних умов на її поверхні, що робить її непридатною для життя і ускладнює дослідження планети.

Дослідження цього ефекту на Венері надає можливість краще зрозуміти механізми в цілому та порівняти його з аналогічними процесами на Землі.

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Родіонова А., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.

Український державний університет науки і технології

Аналізуючи сучасний стан у сфері використання харчових добавок, можна зробити висновок, що цілковито убезпечити себе від шкідливого впливу небезпечних продуктів неможливо. Але споживачеві цілком під силу зменшити ризики, пов'язані із вживанням шкідливих добавок. Для цього варто запам'ятати наступні правила:

- не можна купувати продукти харчування у місцях несанкціонованої торгівлі, а також продукти кустарного виробництва;
- при придбанні продуктів харчування завжди слід уважно вивчати склад товару. Пам'ятаймо, що виробники не завжди належним чином маркують продукти, часто соромлячись додавати до назв харчових добавок їхні “Е” коди, що є прямим порушенням чинних у країні стандартів;
- при купівлі продуктів варто уникати тих із них, що містять яскраві барвники. Насамперед це стосується солодких напоїв, а також дешевих кондитерських виробів. Пам'ятаймо також, що деякі синтетичні барвники особливо небезпечні для дітей;
- не варто зловживати продуктами, що містять консерванти, але краще взагалі відмовитись від них, замінивши на аналогічні, що не містять консервантів;
- слід уникати вживання продуктів, що містять замінники цукру, наприклад, ацесульфам калію (Е 950), аспартам (Е 951), цикламат натрію (Е 952), сахарин (Е 954). Зазвичай ці добавки містяться у дешевих солодких напоях та у жувальних гумках. Більшість замінників цукру є шкідливими для здоров'я, особливо дитячого.

Втім, при виборі продуктів харчування все ж таки слід віддавати перевагу продуктам, виготовленим власноруч. Це дозволить звести до мінімуму використання харчових добавок, а, отже, зменшить ризики, пов'язані з їх споживанням. Не потрібно також забувати про те, що лише повноцінне, збалансоване та здорове харчування є справжньою запорукою здоров'я та гарного самопочуття.

Дослідивши етикетки харчових продуктів, які реалізуються у супермаркетах м. Дніпра, виявлено, що ринок продуктів харчування у місті насичений товарами, що містять харчові добавки Е102, Е110, Е122, Е124, Е211, Е250, Е 320, Е450, та Е951, які є дозволеними в Україні та забороненими в багатьох країнах через небезпеку для здоров'я людини. Їх використання у перевищених дозах (особливо це стосується нітриту натрію, харчових фосфатів, синтетичних барвників, антиокислювачів і консервантів) істотно підвищує ризик токсикації. Досить небезпечним є те, що виробниками не завжди приділяється достатньої уваги підбору та поєднанню харчових добавок у продукті, оскільки деякі харчові добавки при взаємодії можуть утворювати токсичні речовини з шкідливою дією на організм. Соціологічне опитування 120 осіб різного віку і статі показало низьку обізнаність людей про небезпеку харчових добавок. Особливої значимості при цьому набуває проведення більш широкої роз'яснювальної роботи серед споживачів, навчання правильному вибору продуктів харчування на основі достовірної інформації стосовно безпеки того чи іншого їх складника. Використання харчових добавок повинно суворо контролюватися з боку держави, необхідно розширити перелік заборонених до використання в Україні харчових добавок (на сьогодні їх є лише сім) та обмежити перелік харчових добавок дозволених до використання в харчовій промисловості, залишивши лише найнеобхідніші.

## ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОЗОНУ ТА АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Степанов Ю.В., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.

Український державний університет науки і технології

Розглянуті типи джерел водопостачання та зроблено висновок, що найліпшим джерелом є підземні води. Також проаналізовані типи забруднень водою та показники, які характеризують якість води. Особлива увага приділялась показникам епідемічної безпеки води – це кількість бактерій в 1 мл води (загальне мікробне число, ЗМЧ, КУО/мл), кількість бактерій групи кишкових паличок(коліформи мікроорганізмів) тобто індекс БГКП, КУО/л, кількість термостабільних кишкових паличок (фекальних колі-форм), тобто індекс ФК, КУО/100 мл та інші. Вивчені захворювання, які виникають в результаті споживання бактеріально забрудненої води. Оцінена якість питної води з водопровідної мережі м. Дніпро за санітарно-хімічними і мікробіологічними показниками. Було з'ясовано, що з загальної кількості проб – 10% в середньому не відповідає нормам по мікробіологічним показникам. Якщо порівнювати питому вагу нестандартних проб води за мікробіологічними показниками з водопровідної мережі й комунальних водопроводів, то визначається збільшення відсотка проб, які не задовольняють нормативним значенням показників, з колі-індексом більш 3 по комунальних водопроводах. Підвищений відсоток питомої ваги нестандартної води з колі-індексом більш 3 з водопровідної мережі пов'язаний з незадовільним санітарно-технічним станом трубопроводів. Найгіршими водогінними мережами в м. Дніпро вважаються мережі Шевченківського і Новокаїдакського районів. На ці райони доводиться 80% поривів на водогінній мережі й 90% аварій каналізації. При ситуації, що створилася, при нерегулярній подачі води, коли тиск на водогінних мережах є непостійним, є всі умови для влучення забруднення у водопровідну мережу. З вище перерахованого можливо зробити висновок, що вода, що подається населенню міста, має підвищену епідемічну небезпеку, що, в першу чергу, пов'язане з незадовільним санітарно-технічним станом водогінних мереж.

Охарактеризовані методи знезаражування води – реагентні та безреагентні. Серед відомих методів немає ідеального, точно так само, як не існує рецепта "ідеальної" питної води при всій важливості впливу її складу на здоров'я людини. Для сучасних технологій дезінфекції води найбільш важливим завданням є пошук методу, що поєднує кращі якості відомих дезінфектантів й усуває їх негативні якості. До таких методів відноситься технологія дезінфекції води розчином оксидантів. На насосно-фільтрувальних станціях м. Дніпра в якості метода знезаражування питної води використовується хлорування. В річці Дніпро вода малокаламутна й містить органічні домішки. Тому у схемі очищення питної води м. Дніпро пропонується в якості першого ступеню знезараження використати ультрафіолетове опромінення на установках УДВ 1000/288 виробництва НПО «ЛПТ» (потужність розрахована на 150 тис. м<sup>3</sup>/добу). Після відстійників, для руйнування органіки й поліпшення органолептичних показників води пропонується застосовувати озонування на установках ОУ-5 виробництва ДП ТН КБХА. Після чого, вода повинна профільтруватися для видалення продуктів розкладення органіки. Для пролонгування бактерицидних властивостей води перед резервуарами пропонується вводити хлор.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СКЛАДАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЦЕХІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ**

**Беліченко В.В., керівник ст. викл. Мешкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

Для складання схеми очистки стоків виробництва холодного прокату була вивчена технологія виробництва в прокатних цехах. Охарактеризовані стічні води, що утворюються у цьому виробництві при гідрозбиві окалини та при охолодженні устаткування, їх вплив на навколишнє середовище. Проаналізовані сучасні методи очищення стоків прокатного виробництва. Наведений вміст окалини у стічних водах, які відходять від різноманітних видів станів. Більш всього міститься окалини в стічних водах від крупносортих станів, найменш – від мдрібносортних й дротових. Також стічні води забруднені маслами, вміст яких дорівнює 30–50 мг/л. На підставі цього запропонована оборотна схема водопостачання стану холодної прокатки.

З урахуванням значних концентрації забруднюючих речовин в оборотній воді (400–500 мг/л масел, 120 мг/л механічних домішок), а також вимог до очищеної води, необхідний ступень очищення пропонується досягати комбінацією послідовного очищення в горизонтальних відстійниках і в установці напірної флотації з наступним доочищенням на надшвидкісних фільтрах-автоматах. Відпрацьовану воду подають у горизонтальні відстійники. Тривалість відстоювання становить 0,25–0,5 год. Спливаючі масла видаляють із поверхні відстійників спеціальним скребковим транспортером. Механічні домішки, що випали у відстійниках, гідравлічним шляхом періодично направляють у шламовий приямок. Для інтенсифікації процесу спливання масел на першому щаблі очищення від флотаційної установки у відстійники подають 15–20% оборотної води, насиченої диспергованим повітрям. Освітлена вода з відстійників надходить у прийомний резервуар, звідки насосами перекачується через напірний бак у флотатор. Тривалість очищення у флотаторі дорівнює 15–20 хвилин. В усмоктувальний трубопровід насосів ежектором подається повітря в кількості 3–5% витрати води. Частки масел і інших дрібнодисперсних забруднень, які флотуються пухирцями повітря, яким насичена вода в напірному баку, утворюють на поверхні флотатора піну, що віддаляється скребковим пристроєм у лоток, що підігрівається. Після флотаторів вода самопливом надходить у прийомний резервуар і подається на доочищення на надшвидкісні фільтри. Завантаження фільтрів двошарове. Нижній шар висотою 160 см складається із часток гравію розміром 3–38 мм, покладеного шарово у вісім шарів. Верхній шар завантаження висотою 95 см складається з піску розміром 1,7–2,4 мм. Вода надходить у нижню частину фільтра, гідравлічне навантаження на фільтри становить  $20\text{--}30 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$ . При цьому залишковий вміст масла в очищеній воді очікується 15–20 мг/л і зважених речовин 25–30 мг/л. Робочий цикл фільтра становить 12 год, після чого виконують промивання фільтра в напрямку фільтрації. Зворотне промивання здійснюють водою і повітрям з використанням пари ( $635 \text{ кг/м}^2$  фільтра). На промивання фільтрів витрачається 5% від загальної кількості води, що очищається. Промивна вода відстоюється у відстійниках, у яких уловлюється понад 90% спливаючого масла, і вертається в систему. Уловлене масло містить 40% води і 5% зважених часток, теплота згорання цього продукту становить 256 Мдж/кг.

## ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

Довбань А.В., керівник ст. викл. Мешкова А.Г.

Український державний університет науки і технології

Перебуваючи більшу частину життя в будинку, людина отримує найбільше впливів, у тому числі негативних на здоров'я, від свого житла. Особливо багато часу проводять у своїх квартирах старі та діти. Таким чином, людина найтіснішим чином пов'язана зі своїм житлом. Житло – це місце існування людини. З іншого боку, фізіологічні потреби людини визначаються необхідністю підтримки її життя та діяльності як громадянина та члена суспільства. Медико-гігієнічні вимоги до житла можна умовно поділити на три групи:

- задоволення основних фізіологічних та психологічних потреб;
- забезпечення захисту від інфекцій;
- забезпечення захисту від побутових нещасних випадків.

Сприятливе середовище для проживання має забезпечуватись дотриманням гігієнічних вимог. З погляду екології це означає, що рівень екологічних чинників, передусім лімітуючих, має бути оптимальним. До них належать такі:

- достатня забезпеченість площею;
- тепловий режим, який забезпечує умови температури, оптимальні для людини;
- гарна якість повітря, відсутність у повітрі екологічно небезпечних забруднюючих речовин;
- нормальний режим освітлення, що включає достатню інсоляцію – надходження в житлове приміщення природного сонячного світла, а також комфортний режим штучного освітлення;
- загальна екологічна безпека, у тому числі відсутність шкідливих впливів на людину через навколишнє середовище, таких як вплив шуму, електромагнітне випромінювання, надходження екологічно небезпечних (токсичних, канцерогенних, мутагенних) забруднюючих речовин у повітря житлового приміщення, споживання води та продуктів харчування неналежної якості, які можуть завдати шкоди людині;
- безпека житла в епідеміологічному відношенні, санітарні умови, що відповідають існуючим гігієнічним нормативам.

В останні роки в розвинених країнах спостерігається тенденція до підвищення вимог та посилення нормативів до параметрів внутрішнього житлового середовища. У 80-х роках минулого сторіччя з'явилася ідея "екологічного житла", пов'язаного з гігієною, технікою та використанням екологічно чистих джерел енергії. "Екологічна оселя", пропонується фахівцями – це чотириповерховий будинок, в якому всі види енергопостачання забезпечуються завдяки використанню "чистих" джерел енергії: сонця та вітру. Планування квартир орієнтоване в такому будинку на південну сторону, по південному фронту будинку розташовані засклені оранжереї, огорожі та перекриття мають відповідні конструкції. Проектовані в Україні будинки, згідно із законодавством, повинні відповідати існуючим гігієнічним нормативам та вимогам. Однак на практиці житлові будівлі та приміщення далеко не завжди забезпечують комфортні умови проживання, хоча вони формально та задовольняють вимогам, встановленим документами. Важливим є й те, що в документах, що регламентують параметри та характеристики житлового середовища, встановлені лише мінімальні вимоги. У той же час для гарантованого здоров'я людини сучасне житло має відповідати тим умовам, які вважаються оптимальними.

## **ЦІАНОВМИСНІ СТОКИ ГАЛЬВАНІЧНИХ ЦЕХІВ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ ВИДАЛЕННЯ**

**Лозова А.О., керівник ст. викл. Мешкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

Одним з основних напрямків науково-технічного прогресу є створення маловідходних технологічних процесів. В області очищення стічних вод таким напрямком є розробка каналізаційних систем з мінімальним скиданням стічних вод у водойму або без скидання – безстічних систем.

Найбільш раціональний спосіб скорочення обсягу стічних вод – це створення оборотних і замкнутих систем водопостачання, що виключає скидання води у водойми.

Одними з найнебезпечніших забруднювачів стічних вод є ціаністі сполуки, які утворюються в результаті нанесення гальванічних покриттів, а саме, при цинкуванні, мідненні, кадміюванні та позолоченні. Тому при скиданні таких стічних вод у каналізаційну систему або водойми, необхідно їх попереднє очищення.

Під час дослідження було розглянуте гальванічне виробництво в цілому, проаналізовані види гальванічних покриттів та охарактеризовані типи стічних вод і джерела їх утворення. Також в охарактеризований вплив іонів ціанідів на навколишнє середовище. Були проаналізовані існуючі і перспективні методи очищення стічних вод від ціаністих сполук.

З розглянутих можливих методів знешкодження найбільш вдалим, з моєї точки, зору є метод окислення озоном, тобто озонування, бо найголовніше, що цей метод забезпечує високу ступінь очищення, а тому знешкоджені води можна використовувати повторно. На ВО «ПМЗ» є джерело отримання дешевого кисню – це кисневий завод. Також особливістю стічних вод даного підприємства, у тому, що вони надходять у об'ємах 45 м<sup>3</sup>/доб та мають концентрацію в середньому 40 мг/л, що дозволяє ефективно використовувати даний метод. Використання методу окислення озоном для очищення стічних вод від ціанідів дозволяє повністю автоматизувати цей процес, тому значно підвищується культура виробництва на очисних спорудах. Отримання озону безпосередньо на місці його застосування виключає потребу в дефіцитних реагентах, що є недоліком в багатьох інших методах очищення. При окисленні озоном відсутні проміжні токсичні сполуки, тобто немає необхідності в допоміжному обладнанні.

Недоліком цього методу є громіздкість обладнання, але у перспективі цей недолік можна подолати.

Інші методи, розглянуті в роботі, мають більш значні недоліки, такі як великі витрати реагентів, велика вартість, та ін. Ці недоліки складніше подолати.

В ході розрахунків були отримані витрати реагентів, які надані нижче: поліакриламід – 0,09 кг/год, озону – 5,4 кг/год, сірчаної кислоти – 3,6 кг/год. Також розраховані конструктивні параметри обладнання для очищення: 4 резервуари-усереднювача по 35 м<sup>3</sup>, 3 контактних апарати висотою 3 м, 3 вертикальних відстійника діаметром 3,7 м, висотою 4 м. Для здійснення процесу озонування необхідно 4 генератора озона.

## **СТІЧНІ ВОДИ ПІДПРИЄМСТВ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ СХЕМИ ЇХ ОЧИСТКИ**

**Давоян Л.В., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

Стічні води підприємств харчової промисловості відносяться до категорії висококонцентрованих і мають нестабільні показники якості та кількості. Такі води представляють собою складні полідисперсні системи і містять різні за природою забруднення. Ці води характеризуються високими показниками БСК, ХСК, завислих речовин, жирів та ін.

В ряді випадків у підприємств харчової промисловості є децентралізовані системи каналізації, а також недовершені технології виробництва та системи очищення стокових вод. Очищення таких стоків пов'язано із значним споживанням розчиненого кисню, і виникає необхідність подачі для аерації води великого об'єму повітря. Значний вміст азоту і фосфоровмісних органічних речовин призводить до того, що вони не можуть окислюватися за час перебування стокової води в очисних спорудах. Скидання недостатньо очищених стоків у водні об'єкти призводить до евтрофікації та впливу на флору і фауну водойми.

З аналізу технологічного процесу м'ясопереробного підприємства було з'ясовано, що стічні води утворюються при утриманні великої рогатої худоби, душуванні свиней, у відділенні знекровлення, під час миття шкір, миття сировини, від книжних пресів, під час танення шуб охолоджувачів повітря, під час миття та вимочування м'ясної сировини, термічної обробки, митті обладнання, приміщень, тари.

Стічні води м'ясопереробних підприємств містять частки ґрунту, пісок, гній, вовну, залишки кормів, щетину, кров, сіль, частинки книги, волосся, жири та інші органічні речовини.

Концентрація жирів в загальному стоці м'ясопереробних підприємств перевищена в 520 разів, заліза в 30 разів, фосфора загального в 11 разів, азота амонійного в 22 рази, ХСК в 17 разів, БСК у 200 разів у порівнянні з ГДК для поверхневих водойм.

Тому перед скиданням у поверхневу водойму або каналізацію стічні води м'ясопереробних підприємств необхідно очищати.

Найбільш поширені рішення в області методів і технологій очищення висококонцентрованих стокових вод підприємств харчової промисловості поєднують класичні методи очищення (механічні, фізико-хімічні, біологічні та ін.) з новими методами (зворотній осмос, ультрафільтрація, мікрофільтрація, електродіаліз, удосконалені біологічні методи та ін.).

Враховуючі, що на більшості підприємств харчової промисловості локальні очисні споруди відсутні, або працюють недостатньо ефективно, питання організації ефективної локальної очистки стає досить актуальним.

## **ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ АСПІРАЦІЙНОГО ГАЗУ ЩО ВІДХОДИТЬ ВІД ТПЦ ВАТ "НТЗ"**

**Обиденнікова А.О., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

В трубопрокатному цеху №5 існує дуже багато джерел різноманітних пило-газових викидів в повітря робочої зони. Аналіз джерел викидів показав, що найбільш шкідливі викиди має ділянка плазмового різання труб.

Плазмова різка труб супроводжується виділенням в повітря виробничого приміщення, й, відповідно, в навколишнє середовище великої кількості неорганізованих викидів, що складаються із часток дрібнодисперсного пилу.

У зв'язку із цим, питання локалізації й очищення неорганізованих викидів, що утворюються при плазмовому різанні труб є актуальним. З метою поліпшення умов праці, запобігання забруднення повітряного басейну запропонований проект установки очищення аспіраційного газу від верстатів плазмового різання труб. У якості основних очисних апаратів на існуючому підприємстві експлуатуються мокрі пиловловлюючі апарати типу ПВМ. Досвід експлуатації апаратів подібного типу свідчить про низьку ефективність їхньої роботи. У зв'язку із цим пропонується реконструкція аспіраційної системи за верстатами плазмового різання труб із застосуванням основних конструктивних елементів рукавних фільтрів ФРІР-50.

Перевагою цих апаратів є високий ступінь пиловловлення, заміна фільтрувальних рукавів й елементів без припинення експлуатації, знижена чутливість до експлуатаційних змін. При цьому знижується захворюваність персоналу й зростає його працездатність.

До недоліків запропонованої системи варто віднести очищення тільки від часток пилу середньої дисперсності, газові забруднюючі складові залишаються у викиді.

## **СТІЧНІ ВОДИ ПІДПРИЄМСТВ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ СХЕМИ ЇХ ОЧИСТКИ**

**Мостовий Ю.П., керівник ст. викл. Мешкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

При деревообробці повітря виділяються: при механічній обробці деревини – тирса, стружка, шліфувальний пил; при гарячому пресуванні, склеюванні та сушінні шпону – пари формальдегіду, аміаку, фенолу; при обробці виробів – пари вуглеводнів. Кількість тирси, стружок та пилу залежить від типу деревообробного верстата та коефіцієнта використання машинного часу.

Джерелом стічних вод біля лісопильних підприємств є поверхневий стік зі зрошуваних місць зберігання лісоматеріалів – складів лісоматеріалів і панів. Крім того, стічні води утворюються в процесі просочення деревини хімікаліями. До токсичних хімікатів, що застосовуються для просочення деревини, можуть входити поліциклічні ароматичні вуглеводні, пентахлорфенол, інші пестициди та сполуки хрому, міді та миш'яку. Відходи деревообробки належать, переважно, до 4 чи 5 класу небезпеки.

Далі проаналізовано технології переробки відходів деревообробки. Була обрана технологія переробки, яка має наступні переваги:

- повністю автономні модулі вимагають лише своєчасного підвезення відходів деревини та тирси, працюють на власному енергобалансі та не вимагають зовнішніх підключень;
- модульна конструкція дозволяє нарощувати потужність комплексів відповідно до потреб і легко перевозити обладнання до нового місця виробництва;
- комплекси можуть бути змонтовані на колісній базі 12-ти метрових причепів та розгортатися на місці виробництва протягом 6-ти годин;
- обладнання не вимагає фундаментів і може розміщуватись на майданчику з бетонних плит;
- обладнання з утилізації деревних відходів, відходів деревини, тирси є ідеальним рішенням для організації системи розподіленого енергозабезпечення лісопереробних підприємств, переробляючи відходи деревини, тирсу та надаючи всі необхідні енергоносії локально для потреб деревообробних підприємств та поблизу;

- в якості обладнання для утилізації тепла під час спалювання газу використовується дизель-генератор;
- високий енергетичний ККД конверсії. Один кілограм сировини дає 1 кВт електрики;
- відсутність шкідливих викидів у повітря;
- спрощені вимоги до складу та підготовки сировини.

Отримуваний газ має високу калорійність (8,5 м<sup>3</sup> піролізного газу еквівалентно 1 кг мазуту); У порівнянні з прямим спалюванням твердого палива використання піролізного газу є в екологічному відношенні значно чистішим процесом.

Енерготехнологічна переробка деревної, лісової сировини та відходів деревообробки еквівалентна використанню 0,25-0,5 л рідкого нафтового палива на кг деревини. З урахуванням одночасного отримання продукції лісохімічного профілю, кваліфікований підхід до переробки даного виду сировини дозволяє організувати виробництво на рівні, порівнянному із сучасним хімічним чи нафтохімічним процесами.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ЧАСУ**

**Харченко Н.С., керівник ст. викл. Мешкова А.Г.**

**Український державний університет науки і технології**

Виконуючи вимоги, що висуваються основними завданнями Збройних Сил України в галузі забезпечення національної безпеки та національних інтересів, Збройні Сили України повинні здійснювати свою діяльність з урахуванням діючих екологічних норм та активно впроваджувати довгострокові заходи з охорони навколишнього природного середовища, керуючись прийнятою державною політикою та цілями сталого розвитку в галузі охорони довкілля.

Створення міжнародної системи екологічної безпеки з одночасним удосконаленням соціально-економічної системи є новим елементом міжнародного та військового співробітництва. Екологічна безпека не буде забезпечуватися у повному обсязі без удосконалення відповідних організаційно-правових, соціально-політичних, господарчих механізмів управління природокористуванням, які повинні базуватися на сучасних інформаційних та промислових технологіях.

Серед першочергових проблем організації екологічної безпеки Збройних Сил України, які потребують негайного вирішення, є:

- організація системи відомчого екологічного моніторингу у Збройних Силах України (створення автоматизованої системи екологічного моніторингу, оцінка навантаження на навколишнє середовище в результаті військової діяльності);
- удосконалення методично-правової бази;
- проведення екологічної паспортизації військових частин і техногенно- та екологічно небезпечних об'єктів (екологічна оцінка та експертиза небезпечних об'єктів);
- проведення природовідновлювальних робіт на військових об'єктах, для чого необхідне програмне та технічне забезпечення, організація системи контролю за якістю проведення робіт, забезпечення відповідним технологічним обладнанням;
- забезпечення сучасним обладнанням, мобільними лабораторіями та екологічними суднами (програмне, технічне та технологічне забезпечення);
- утилізація радіоактивних відходів, боєприпасів, озброєння, техніки та військового майна, відходів життєдіяльності військ;

- оцінка екологічного стану та рекультивація залишених шахтних пускових установок;
- покращення стану очисних каналізаційних споруд (капітальний ремонт та реконструкція);
- реконструкція резервуарного парку для зберігання ПММ (обладнання системами контролю і сигналізації) та створення мереж моніторингу;
- укомплектування пунктів контролю та діагностики приладами контролю токсичності вихлопних газів техніки; підготовка фахівців в галузі екологічної безпеки; захист довкілля та рекультивація забруднених територій полігонів та стрільбищ;
- дообладнання кораблів і суден ВМС України природоохоронним обладнанням та укомплектування нафтосміттєзбірниками для очищення акваторій в місцях базування, обладнання екологічних суден та забезпечення системами контролю і технологічним обладнанням.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПЕРЕРОБКИ ЦИНКОВІСНИХ ВІДХОДІВ ВАТ "КОМІНМЕТ"**

**Перцев Л.О., керівник доц. Прокопенко О.М.**

**Український державний університет науки і технологій**

Основна мета роботи – підвищення ефективності використання цинку і, як наслідок, зниження споживання природних ресурсів у виробництві шляхом розробки і впровадження ресурсозберігаючих технологій і . Це дозволить значно поліпшити репутацію заводу, знизити потребу в придбанні марочного цинку і, враховуючи дорожнечу металу, знизити витрати на його . Це сприятливо позначиться на ефективності роботи всього підприємства в цілому.

Технологічний процес виплавки вторинного цинку полягає в наступному. Вібратійний завантажувальний пристрій, необхідний для рівномірного заповнення печі цинковими гранулами і подрібненою окалиною, перевозять і встановлюють на місці його завантаження на ваги. Місце завантаження віброзавантажника обладнане місцевим вертикальним пластинчастим . Забруднене повітря, що відсмоктується при пересипці компонентів, перед викидом в атмосферу очищається від пилу в рукавному фільтрі. Загальна кількість завантажуваних в піч роздробленої цинкової окалини, подрібненої цинкової окалини і власного шлаку складає 2200 кг. Ця кількість матеріалу встановлена експериментальним шляхом і прийнята за оптимальну для двох (чушок) масою по 1 т.

Після закінчення завантаження завантажувальне вікно печі та герметизують його за допомогою вогнетривкої глини. Після цього включається привід обертання барабана і здійснюється запал печі. Плавлення цинковмісних відходів, що знаходяться в барабані, відбувається при температурі в камері горіння 600 °С. Час плавлення завантаженого матеріалу складає приблизно 2,5 год.

Після закінчення приступають до розливання металу. З поверхні за допомогою спеціальних лопаток і скребок віддаляється «піна», яка потім знову завантажується в піч для переплавки без додаткового дроблення .

В результаті плавлення роздробленої цинкової окалини, подрібненої цинкової окалини і роздробленого власного шлаку планується вторинний цинк з вмістом свинцю – 0,2-1,5%, заліза – 0,1 – 1,0%, алюмінію – 0,001–0,003 %.

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ СИРОВАТКИ ТА ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ**

**Гламазда О.О., керівник доц. Прокопенко О.М.**

**Український державний університет науки і технології**

Необхідність пошуку та розроблення нових технологій очищення стічних вод підприємств з виробництва кисломолочного сиру обґрунтовані низькою ефективністю роботи існуючих очисних споруд підприємств виробництва кисломолочного сиру. Використання класичної технології біологічного очищення, що характеризується наявністю рециркуляційних потоків, пов'язано із порівняно високими витратами електроенергії на оброблення стічних вод та утворенням значної кількості надлишкової біомаси. Необхідність стабілізації утворених осадів вимагає додаткових витрат, а потреба у розробленні нових технологій очищення стічних вод обґрунтована зміною характеру та фазово-дисперсного стану забруднень стічних вод підприємств. За останні 10 років спостерігається зміна фазово-дисперсного складу стічних вод підприємств по переробці молока, пов'язана із зростанням попиту на кисломолочну продукцію та зменшенням обсягів виробництва пастеризованого молока, а також підвищенням концентрації нерозчинених органічних часток порівняно із вмістом розчинених сполук. Під час виробництва молочних продуктів утворюється велика кількість сироватки, близько 90% від об'єму молока, який переробляється. Відомі різні методи утилізації сироватки – ультрафільтрація, сушіння, виробництво етилового спирту та інших продуктів. Через відсутність досконалих ресурсощадних технологій ці методи майже не застосовуються. Основну частину сироватки разом із стічною водою скидають у каналізацію, що створює екологічну проблему. ХСК сироватки і СВ становить, відповідно близько 70000 мгО<sub>2</sub>/л та 3000 мг/л, а недостатнє промислове використання відходів призводить до великих втрат цінних речовин, зниження ефективності виробництва та необхідності сплати штрафів за скидання стічних вод.

Були проаналізовані широко відомі схеми очистки стічних вод виробництва кисломолочного сиру (з використанням озонування, адсорбції, флотації, електрохімічних та біологічних методів), їх переваги та недоліки. На основі аналізу була складена схема очистки, яка дозволить за своїми параметрами після очистки скидати воду у міську каналізацію або замкнути її у цикл. Розраховані умови спуску стоків в поверхневі водойми та спрогнозований стан водойми після цього. С<sub>п.п.в.</sub> значно перевищують ГДК для наведених шкідливих речовин. Прогноз стану водойми після скидання таких вод – несприятливий. Воду бажано скидати в міську каналізацію або повертати в оборот. Розрахований радіальний флотатор.

Ці заходи дозволять значно підвищити ефективність роботи системи очистки води виробництва кисломолочного сиру.

Також були розглянуті та класифіковані умови праці робітників молокопереробного підприємства. За сукупністю діючих несприятливих факторів виробничого середовища умови праці більшості вивчених робочих місць молокопереробної промисловості відповідають класам 2-3.1.

## ОБГРУНТУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО МУЛУ НА СТАНЦІЯХ АЕРАЦІЇ

Владимирова С.С., керівник проф. Єрємін О.О.

Український державний університет науки і технології

Величезна кількість осадів стічних вод на території України становить загрозу для здоров'я і життя населення. Тому необхідно в терміновому порядку провести інвентаризацію осадів, в повній мірі оцінивши їх кількість і якісний склад компонентів, які містяться в них.

Наведено характеристику осадів, одержуваних при очищенні побутових стічних вод. Основними відходами, що утворюються в процесі очищення стічних вод, є: покидьки від решіток тонкого очищення, пісок від пісковловлювачів і зневоднений осад (надлишковий активний мул). Відходи з решіток та пісковловлювачів збираються в контейнери, надлишковий активний мул стабілізується, зневоднюється, і, всі ці відходи в міру накопичення вивозяться на свалку, що знаходиться на балансі міста.

Існує ряд способів утилізації ОСВ: скидання в моря і океани, спалювання, поховання в ґрунтовому середовищі, знешкодження і використання в якості органічних добрив, як добавка при приготуванні різних компостів і т.д. Активний мул містить сирий протеїн (34,2–37,2% маси сухої речовини), жироподібні речовини (10–14,7%), вітамін В12, амінокислоти та інші цінні компоненти. Згущення активного мулу і подальша його термічна сушка в "м'якому" режимі дозволяють отримувати суху речовину, за живильною цінністю близьку до кормових дріжджів.

Запропонований процес, заснований на методі ферментно-кавітаційного окислення суміші сирого осаду з надмірним активним мулом, після чого виробляють відстоювання, ущільнення і вивантаження обробленого осаду, його зневоднення. Під впливом кавітації в цьому блоці відбувається дегельмінтизація. Що дозволяє на виході отримати екологічно чистий продукт, який можна використовувати в якості добрива. Переваги запропонованої технології:

- технологія не вимагає застосування дорогих хімічних реагентів, що дозволяє повністю виключити витрати на їх придбання, а також домогтися необхідного якісного складу переробленого осаду;
- процес переробки осаду може відбуватися на базі діючих очисних споруд, застосування запропонованої технології не потребує збільшення виробничих площ і обслуговуючого персоналу;
- скорочення коштів, що виділяються на складування мулових відходів, звільнення десятків тисяч земель, що відходять під мулові карти;
- можливість повної переробки відходів в корисні продукти, які можуть бути використані в різних галузях народного господарства;
- скорочення часу стабілізації з 20–24 діб до 6–12 годин;
- відсутність неприємного запаху в процесі переробки і при вивантаженні осаду;
- низька концентрація по БСК<sub>повн</sub> повернення надмулової води (до 100 мг/л);
- висока ступінь влаговіддачі, що дає можливість зневоднювати його як в природних умовах (на мулових картах протягом 3–4 місяців до 65–70% вологості), так і з використанням механічного зневоднення зі скороченням застосування реагентів на 95–99%;
- можливість переробки некондиційних депонованих осадів.

Застосування запропонованої технології дозволить отримати значний економічний ефект в порівнянні з класичною технологією очищення комунальних стоків.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЛІГОНУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З ЗАХОДАМИ ЩОДО  
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЙОГО НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ**  
**Зайченко Я.Є., керівник проф. Єрьомін О.О.**  
**Український державний університет науки і технології**

В Україні основним методом поводження з відходами залишається полігонне поховання. Нині лише в 503 населених пунктах України впроваджено роздільний збір побутових відходів – 1,7% від загальної кількості населених пунктів України. Нині на полігони потрапляє несортоване сміття.

Виконаний розрахунок необхідної площі відведення ділянки землі для будівництва полігону поховання ТПВ. Передбачається організація збору відходів, що утворюються у 4-х населених пунктах. Ділянка, призначена для розміщення полігону, розташована від найдальшого пункту (пункт №3) на відстані 22,5 км і від найближчого – на відстані 11,2 км. Збір ТПВ в населених пунктах передбачається вести в сміттєзбірні ємності (бункери) місткістю 0,75 м<sup>3</sup>. Транспортування від місць накопичення ТПВ до полігону передбачається сміттєвозами КО-415 А з об'ємом кузова 23 м<sup>3</sup>. Була визначена проектна місткість полігону при терміні експлуатації 10 років. Розрахована необхідна площа земельної ділянки розміщення полігону.

Елементами полігону є: під'їзна дорога, ділянка складування ТПВ, адміністративно-господарська зона. Під'їзна дорога з'єднує існуючу транспортну магістраль з полігоном та розраховується на двосторонній рух шириною не менше 6,5 м. На перетині дороги з ділянкою полігону розміщують посаду контролю в'їзду та виїзду сміттєвозів та адміністративно-господарську зону. Ділянка складування – основна споруда полігону. Вона займає близько 85–95% площі полігону ТПВ. Ділянку складування зазвичай розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення виконання робіт з прийому ТПВ протягом 3–5 років на кожній черзі. Ділянки складування мають бути захищені від вищерозташованих земельних масивів. Для перехоплення зливових та повеневих вод по верхній межі ділянки проектуєть нагірні канали. На відстані 1-2 м від нагірних каналів по периметру полігону розміщують огорожу. На відстані 2 м від огорожі полігону розміщують посадки дерев. На відстані 2–3 м від зовнішнього укусу влаштовують кільцеву дорогу з одностороннім рухом шириною не менше 3,5 м. Між кільцевою дорогою та лісопосадками розташовують кавальєри з родючим та мінеральним ґрунтом, які в процесі експлуатації полігону використовують для ізоляції відходів. Визначена місткість полігону. Реальна ділянка складування ТПВ площею в плані 104758 м<sup>2</sup> має форму квадрата зі стороною 324 м. Після заповнення полігону відходами до проектних позначок ділянка складування матиме форму усіченої піраміди, а в поперечному перерізі – трапеції. Максимально можлива висота полігону – 48 м. Визначена середня проектна глибина котловану на основі полігону – 2,06 м. Проектна висота полігону – 26 м. Прийнята глибина котловану (2,06 м) задовільняє необхідним умовам. Полігон ТПВ розбиваємо на п'ять черг експлуатації. Загальна кількість шарів ТПВ, що укладаються в тіло полігону, становитиме 13 шарів. Спроектвані кавальєри для складування родючого та мінерального ґрунту. Також спроектована система для відведення фільтрату. Для цього визначений обсяг фільтрату. Було визначено, що об'єм фільтрату дозволяє не передбачати системи відкачування фільтрату з приймальних колодязів. Спроектвані системи дегазації полігону та нагірні канали. Визначено, що для видалення біогазу необхідно 9 траншей.

Після заповнення полігону до проектної позначки його закривають та виконують роботи по його рекультивації.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ БАСЕЙНУ р. ВУЖ**

**Сохань А.Г., керівник проф. Єрьомін О.О.**

**Український державний університет науки і технології**

Площа Закарпатської області складає 12,8 тис. км<sup>2</sup>. Кількість населення області – 1253400 чол. Площа басейну річки Вуж – 2010 км<sup>2</sup>, довжина 107 км.

Проаналізований шкідливий вплив речовин, що викидаються у повітряний басейн феросплавним заводом: пилу, що містить важкі метали, SO<sup>2</sup>, оксидів азоту, оксидів свинцю, хрому. Розраховано максимальні приземні концентрації шкідливих речовин та відстані, на яких спостерігаються максимальні концентрації. Для токсичного пилу та оксидів металів вони складають – 237,5 м, SO<sub>2</sub> – 475 м. Були розраховані відстані формування приземних концентрацій у межах ГДК: для токсичного пилу – 2 км, для оксиду хрому – 3 км, для оксиду свинцю – 7 км. Визначено категорію небезпеки феросплавного заводу – 3, уточнено ширину санітарно-захисної зони – 1980 м. Визначено кількість стаціонарних постів для проведення моніторингу – 3, маршрутних постів – 24, пересувних постів – 21.

Кількість населення міста Ужгорода складає 116,265 тис. чол. За такої чисельності населення в басейні річки розміщують 3 стаціонарні пости спостереження. Засоби вимірювання, що використовуються на стаціонарних постах, розташовуються в комплектних лабораторіях «Пост-1» і «Пост-2», на маршрутних та підфакельних постах – в автолабораторії «Атмосфера-П». Для відбору проб повітря використовуються електроаспіратори або відбірники повітря.

Комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на запобігання забрудненню атмосферного повітря:

- запровадження єдиної регіональної інформаційної мережі збору, обміну, обробки, збереження даних про стан довкілля та природоохоронної діяльності суб'єктів моніторингу;
- удосконалення мережі спостереження за станом складових частин довкілля та розвиток незалежних від природокористувачів систем спостережень за джерелами забруднення навколишнього середовища;
- модернізація та переоснащення методів аналітичного контролю служб спостережень суб'єктів обласної системи моніторингу навколишнього середовища за станом атмосферного повітря та оснащення їх приладами експрес-аналізу;
- організація пересувної лабораторії спостережень за станом атмосферного повітря біля автошляхів, у місцях проживання та відпочинку населення

Вода річки Вуж належить до 1-го класу якості. Така вода використовується для питного водопостачання після мінімальної водопідготовки.

На річці Уж повинен бути встановлений пункт контролю 3-ї категорії, оскільки в м. Ужгород кількість населення менше 0,5 млн. чол. У пункті повинно бути три створи. При контролі за водоймою в цілому встановлюють не менше трьох створ, по можливості рівномірно розподілених по його акваторії з урахуванням будови берегової лінії.

Для визначення якості води використовують автоматичну станцію контролю забруднення води (АСКЗВ-Г). Ця станція укомплектована вимірювально-пробовідірною частиною, обладнанням збору та обробки інформації, апаратури передачі даних.

## ЗАСОБИ ОЧИСТКИ ПИТНОЇ ВОДИ В ПОБУТОВИХ УМОВАХ

Соловійова А.П., керівник проф Єр'юмін О.О.

Український державний університет науки і технології

Питну воду з мереж централізованого водопостачання в усіх регіонах бажано доочищати, а з урахуванням того, що вода в різних регіонах різна – обирати пристрої для доочищення потрібно з урахуванням її особливостей.

Таким чином, проблеми водопостачання населення та якості питної води значно загострилися, особливо в останні роки, і вимагають комплексного рішення. Основна кількість водоочисних споруд була побудована більше 40–50 років тому і морально застаріла. На більшості з них застосовуються недосконалі технології, реагенти і матеріали, які не здатні перешкоджати попаданню в питну воду речовин, дія яких на організм людини може негативно вплинути на здоров'я.

Важливим залишається питання надійного знезараження води, особливо з урахуванням нинішнього стану водоводів і розподільних мереж, що містять постійну загрозу вторинного забруднення води. З метою поліпшення якості питної води, що подається населенню, необхідно ширше використовувати підземні води, вести постійний еколого-гігієнічний моніторинг якості води поверхневих водоемів, використовувати додатково очищену воду, яку отримують в локальних водоочисних установках колективного використання або індивідуальних фільтрах.

Були вивчені види фільтрів для доочистки питної води за способом очистки, за конструкцією, за ступенем очищення питної води. Проведений порівняльний аналіз функціональних можливостей різних видів фільтрів та середній ресурс їх роботи, аналіз якості фільтрів та їх якості, рейтинг різних систем доочищення питної води. На підставі аналізу з'ясовано, що найбільш ефективною є система зворотного осмосу, але вона є найдорожчою. Для родин з невисоким рівнем доходів більш прийнятними є фільтри глечикової конструкції або картриджні. Найвище місце за рейтингом серед систем зворотного осмосу зайняла система [Aquafilter](#) (Польща), на другому місці – [Ecosoft](#), (Україна).

Досліджувалася питна вода з централізованої системи водопостачання, вода з артезіанської свердловини, вода, очищена стаціонарним побутовим фільтром [Aquafilter](#), і вода, яка реалізується виробниками очищеної води.

Порівняльний хімічний аналіз доочищеної бутильованої негазованої води «Моршинська» показав що ніяких перевищень щодо концентрацій домішок немає – вода є нешкідливою для організму. Недоліком цієї води є практично відсутність у воді корисних мікро- та макроелементів.

Результати досліджень хімічного складу підземної води з артезіанської свердловини показали, що вода має неприємний запах заліза, підвищену жорсткість, підвищену концентрацію заліза загального, заліза (2+), каламутність, кольоровість.

Проведено аналіз питної води, після п'яти ступеневої очистки на стаціонарному побутовому фільтрі «Аквафільтр». Недоліком води після очистки є відсутність корисних організму макро- і мікроелементів, які нівелюються в результаті очищення води системою зворотного осмосу. Таким чином, вода «переочищується» і наближається за показниками, близьким до дистильованої води. Дистильована вода безпечна для людини, але і користі в ній мало. Її потрібно мінералізувати.

## **АНАЛІЗ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ**

**Воронін М.О., керівник доц. Суліменко С.Є.**

**Український державний університет науки і технології**

Ливарне виробництво – одне з головних джерел забруднення атмосфери серед промислових підприємств. При традиційному литті на кожен тону виливків із сплавів чорних металів виділяється близько 50 кг пилу, 250 кг окису вуглецю, 1,5–2 кг окису сірки. Крім того, це виробництво пов'язане з утворенням твердих відходів, які також забруднюють довкілля. Відпрацьовані формувальні та стрижневі суміші відносяться до 4-ї категорії небезпеки та становлять 90% загальних відходів. Їх регенерація – дуже коштовна процедура, тому перед сталеливарними підприємствами постає завдання перейти на менш шкідливе для навколишнього середовища виробництво.

Були проаналізовані існуючі методи лиття, джерела утворення та склад викидів в атмосферу, стічних вод та твердих відходів. У ливарних цехах виробничу воду витрачають на охолодження обладнання, гідрорегенерацію піску, очищення вентиляційного повітря, ваграночних газів, грануляцію шлаків, для транспортування відпрацьованих сумішей, гідравлічного та електрогідравлічного очищення виливків тощо.

Тверді відходи ливарного виробництва містять до 90% відпрацьованих формувальних та стрижневих сумішей, включаючи брак форм та стрижнів; також вони містять просипи та шлаки з відстійників пилоочисної апаратури та установок регенерації сумішей; ливарні шлаки; абразивний та галтувальний пил; вогнетривкі матеріали та кераміку.

Розглянуто вплив стічних вод від ливарного виробництва на екологічні системи водойм у разі експлуатації прямої системи водопостачання. Завислі тверді частинки сприяють утворенню стабільних водних суспензій, при цьому погіршуються прозорість та інші органолептичні властивості, знижується активність фотосинтезу водних рослин.

Виконаний аналіз сучасних методів очищення стоків чавуноливарного виробництва. В технологічних схемах очищення стоків чавуноливарного виробництва застосовуються такі методи: відстоювання, магнітна коагуляція та флокуляція, флокуляція із застосуванням поліакриламідів, осадження під дією відцентрових сил, фільтрування, флотація. Обраний метод очищення – відстоювання з коагуляцією та стабілізаційною обробкою води. Розглянуті фізико-хімічні засади процесу відстоювання. Розрахований необхідний ступінь очищення стічних вод та обґрунтований варіант технологічної схеми очищення стоків. З проаналізованих даних щодо складу стоків зроблено висновок, що якість води не відповідає вимогам по зваженим речовинам, залізу загальному, сульфатам, загальній жорсткості, хлоридам. Отже, крім очищення води від завислих речовин та заліза загального, необхідні заходи щодо стабілізаційної обробки води.

Складена технологічна схема та виконаний розрахунок матеріального балансу. Схема передбачає стабілізаційну обробку води вапняним молоком та содою, хлоридом заліза, очищення у радіальних відстійниках з камерою пластівцеутворення гідроциклонного типу. В результаті запропонованої схеми очистки показники, які характеризують якість води, задовольнили вимогам для повертання в оборот.

## **РОЗРОБКА ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ВОДОПОСТАЧАННЯ СТАНЦІЇ МИЙКИ АВТОМОБІЛІВ**

**Шаповал П.С., керівник доц. Суліменко С.Є.**

**Український державний університет науки і технології**

Виконано аналіз складу стоків від автомийок, з'ясовано, що основний компонент забруднення – зважені речовини (головним чином, пісок, бруд); присутні також мастила і нафтопродукти.

Розглянуто вплив стічних вод від автомийок на екологічні системи водойм у випадку експлуатації прямоточної системи водопостачання.

Зважені тверді частки сприяють утворенню стабільних водних суспензій, при цьому погіршуються прозорість і інші органолептичні властивості, знижується активність фотосинтезу водяних рослин.

Виконано аналіз сучасних технологічних схем очищення стоків від мийок автомобілів. У технологічних схемах очищення стоків застосовуються наступні методи: відстоювання, осадження під дією відцентрових сил, фільтрування, флотація, пісковловлювання, аерування.

Обрання того або іншого методу очищення (або декількох методів) здійснюють з урахуванням санітарних і технологічних вимог, пропонованих до очищених стічних вод з метою подальшого їхнього використання, а також з урахуванням кількості стічних вод і концентрації забруднень у них, наявності необхідних матеріальних і енергетичних ресурсів і економічності процесу

На підставі аналізу існуючих схем очистки стоків було обрано технологічну схему очищення під назвою «Україна». Конструкція очисних споруджень, пропонована автоцентром «Україна», забезпечує повну механізацію видалення й збору осадів, автоматизацію процесу очищення води, регенерацію фільтрів без їх розбирання. Розглянуто фізико-хімічні основи процесу видалення зважених часток та нафтопродуктів за допомогою відцентрових сил.

Розрахована необхідна ступінь очищення стічних вод. За результатами розрахунків робимо висновок, що якість води не відповідає пропонованим вимогам по зваженим речовинам й нафтопродуктам. Виконаний розрахунок матеріального балансу.

Пропонована схема очистки містить наступні елементи:

- ємність для стічної води;
- вертикальний пісковловлювач із пневмовикидом;
- багатоярусний гідроциклон;
- фільтр грубого очищення із плаваючим завантаженням з пенопропілена;
- фільтр тонкого очищення із завантаженням із сепрона;
- ємність чистої води.

Параметри пісковловлювача: діаметр циліндричної частини – 1000 мм, довжина циліндричної частини – 1020 мм, кут конусності циліндричної частини –  $60^{\circ}$ , глибина циліндричної частини – 470 мм.

Розміри гідроциклону: кількість впусків – 3; кут конічної частини –  $60^{\circ}$ ; кут конуса діафрагми –  $50^{\circ}$ ; діаметр центрального отвору – 0,6 м; висота ярусів – 0,1 м; зазор між корпусом і діафрагмою – 0,1 м; швидкість потоку на вході – 0,3 м/с; висота водозливної стінки – 0,5 м.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ**  
**Скотарь І.О., керівник ст. викл. Сухарева М.В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Щороку людство продукує понад 2 мільярди тонн сміття на день, що становить в середньому біля 800 г на одну людину. Більш того, експерти прогнозують, що з сучасними темпами продукування відходів, їхня кількість може зрости до майже 3,5 мільярдів тонн всього до 2050 року.

В Україні щороку утворюється понад 7-11 млн тонн твердих побутових відходів (ТПВ). Річна кількість відходів на душу населення становить близько 300 кг, при цьому спостерігається суттєва різниця в показниках утворення відходів між міською та сільською місцевостями.

За різними даними, рівень переробки ТПВ в Україні коливається від 3 до 8%, тоді як для країн Європейського Союзу він складає до 60% ТПВ. При цьому більше 90% ТПВ спрямовуються на полігони та несанкціоновані звалища. Згідно з офіційними розрахунками, 10000 га землі зайнято близько 6700 полігонами та звалищами, хоча неофіційні показники можуть бути ще вищими. Майже всі побутові відходи вивозяться на полігони і переважна їх більшість працюють в режимі перевантаження, тобто зі значним порушенням проектних показників щодо обсягів накопичення відходів.

Проблема екологічної небезпеки твердих побутових відходів гостро стоїть перед кожним населеним пунктом України. Ця небезпека пов'язана з усіма стадіями поводження з ТПВ, починаючи з їх збирання і транспортування та закінчуючи переробленням, утилізацією або захороненням. Побутові відходи вносять вагомий внесок у забруднення навколишнього природного середовища. Вони утворюються в процесі життя і діяльності людини всюди, де вона знаходиться: у житлових будинках, виробничих підприємствах, адміністраціях, громадських організаціях, невиробничих установах, лікувальних, торговельних та інших закладах. Це найбільша за обсягами накопичення група відходів споживання, яка відрізняється від усіх інших відходів за своїм походженням та складом. ТПВ створюють санітарно-гігієнічну та епідеміологічну небезпеку внаслідок неприємних запахів та шкідливих хімічних сполук, які можуть бути присутні або утворюються в них при біологічному розкладанні органічних компонентів відходів, а також внаслідок присутності в них збудників інфекційних та паразитарних хвороб та внаслідок високої бактеріальної і гельмінтологічної забрудненості.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ АНТРОПОГЕННИМИ**  
**ВИКИДАМИ**

**Устименко К.С., керівник ст. викл. Сухарева М.В.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Проблема антропогенного впливу на довкілля – це, передусім, проблема забруднення атмосфери, гідросфери і літосфери комунальними, транспортними та промисловими викидами. Найбільш чутливим індикатором еколого-геохімічної обстановки є ґрунт, який знаходиться на перетині всіх шляхів міграції хімічних елементів. Ґрунт – унікальний незамінний природний ресурс, накопичувач сонячної енергії, основа життя рослин, тварин і людини, а також природний індикатор забруднення навколишнього середовища. Забруднення ґрунтів антропогенними викидами викликає глобальний інтерес з боку сучасної науки у зв'язку з підвищенням техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Історично склалось так, що на території України впродовж багатьох років діють потужні чинники забруднення довкілля відходами виробництва. Це обумовлено багатьма причинами і, насамперед тим, що на населення України, яке становить всього 1% від населення Землі, припадає близько 5% загальносвітового видобутку і переробки мінеральних ресурсів. Крім того, майже 50% врожаю вирощується на ґрунтах, що здобрюють хімікатами та обробляють пестицидами. У вигляді баласту у ґрунти водночас з мінеральними добривами надходить велика кількість токсичних металів.

Небезпека надходження у довкілля важких металів визначається тим, що на відміну від органічних забруднювачів, вони не руйнуються, а переходять з однієї форми в іншу, зокрема включаються у склад солей, оксидів, металоорганічних сполук, вони можуть значно накопичуватись, що небезпечно для нормального функціонування ґрунтової біоти.

В Україні з 24 лютого 2022 р., а на Сході України 8 років щодня ведуться обстріли снарядами, утворюються вирви від авіабомб та артилерійських обстрілів, створюються нові заміновані території, знищується важка військова техніка, що призводить до витоку нафтопродуктів, випалення землі та ін. Всі ці наслідки воєнних дій забруднюють та знищують ґрунти, а з цим й негативно впливають на економіку країни та життя людей.

Після дослідження проблеми забруднення ґрунтів можна зробити наступні висновки: забруднення ґрунтів промисловими об'єктами та воєнними діями несе в собі серйозну потенційну загрозу для здоров'я людини, екосистем та економіки в цілому.

Серед заходів детоксикації ґрунтів можна виділити наступні: негайне припинення війни; комплекс заходів щодо зменшення шкідливих викидів підприємствами різних галузей промисловості; використання різноманітних, науково обґрунтованих заходів щодо покращення механічних, фізико-хімічних властивостей ґрунту та його родючості.

#### *ПІДСЕКЦІЯ «ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ»*

### **SOME ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ROAD CONSTRUCTION**

**Druzhynin K. K., supervisor assoc. prof. Demianenko V.V.**

**Ukrainian State University of Science and Technology**

Sometimes we face the situations when the road routes are laid through the territory of nature reserves, nature preserves, national parks and forests, where the highways cross the the routes of long-term migration of wild animals and amphibians, which often causes an undesirable and dangerous accidents with cars and animals on the roadway with possible tragic consequences. The death of amphibians is also associated with a decline in the population of other animals, such as hedgehogs, because amphibians and reptiles are hunted by them. Recently, cases of serious traffic accidents on Ukrainian roads involving wild animals such as elk and wild boars have become more frequent [1].

Normally, these accidents have such grave consequences as injuries and deaths of people and animals, and serious damage to vehicles. The analysis of such accidents shows that not only direct collisions with animals can cause tragic consequences, but also their appearance on the road, as this may cause the driver to make dangerous manoeuvres.

The world has already received a great experience in this direction. The best solution to the problem of safe and accident-free road crossing by animals is eco-ducks (special crossings in the embankment to allow animals to pass through). In Ukraine the eco-ducks are





Особливістю роботи свердловин поблизу виходу джерельних вод є підвищення їх продуктивності через деякий час після початку роботи водозабору. Виходячи з цього, важливо проаналізувати стан джерельця після досить протяжних періодів відбору води. Саме такі дані дають можливість оцінити розрахункову потужність водозабору та визначити дебіт природного виходу води на поверхню землі.

Прогноз стану джерелець, з урахуванням відбору води колодязем, дозволяє визначити запаси води для можливого збільшення потужності водозаборів, їх економічну ефективність та природоохоронний аспект, який врахує вплив зниження продуктивності вільного виходу води на поверхню землі або повного його зникнення.

В рамках дослідження проводиться: аналіз технічних, соціальних та природоохоронних факторів зон виходу джерельних вод на поверхню землі; аналіз методів та споруд для забору джерельних вод; аналіз факторів, які впливають на продуктивність водозаборів поблизу зон виходу джерельних вод; аналіз стану джерелець при, поблизу розташованому, заборі води свердловинами; визначення рівнів води водоносного шару в зоні розташування джерелець та свердловин; визначення продуктивності свердловин з врахуванням захисту джерелець від зникнення.

#### **Перелік посилань:**

1. Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.

### **ЕКОЛОГІЧНЕ БУДІВНИЦТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

**Положечко О.Ю., керівник доц. Громова О. В.**

**Український державний університет науки і технологій**

Сталий розвиток країн і регіонів – це важлива сучасна концепція, яка заснована на розвитку суспільства таким чином, щоб задовольнити власні потреби, але без негативного впливу на довкілля та без шкоди наступним поколінням. Цей керований розвиток має певний системний підхід, а також нові інформаційні технології, які дають можливість моделювати найрізноманітніші варіанти напрямків розвитку та з високою точністю прогнозувати їх результати.

Екологічне будівництво – це практика будівництва та експлуатації будівель, метою якої є зниження рівня споживання енергетичних і матеріальних ресурсів при одночасному збереженні або підвищенні якості будівель і комфорту їх внутрішнього середовища.

Згідно з останніми міжнародними дослідженнями, екологічно зелена будівля дозволяє підвищити загальну продуктивність персоналу на 18 %, скоротити кількість лікарняних на 8,5 %, знизити споживання енергоресурсів до 40 %, а також підвищує вартість активів. Власник будівлі може дозволити собі підвищити орендні ставки до 25 %, а рівень заповнюваності будівлі, як правило, збільшується на 23 %.

Екологічне будівництво слід розглядати як інноваційний підхід, так як в основі даного процесу закладено використання абсолютно нових технологій і обладнання, постачання екологічно чистого продукту, який не має негативного впливу на навколишнє середовище.

Завданнями зеленого будівництва є: скорочення сукупної згубної дії будівельної діяльності на здоров'я людини і навколишнє середовище; створення нових промислових продуктів; зниження навантажень на регіональні енергетичні мережі та підвищення надійності їх роботи; створення нових робочих місць в інтелектуальній сфері виробництва; зниження витрат на утримання будівель нового будівництва.

У країнах, де розвивається екологічне будівництво, створюються національні стандарти, що враховують соціально-економічні та природні умови країни. Розроблення

національних стандартів у більшості країн покладено на Національні Ради з екологічного будівництва, які розробили наступні системи оцінки: Green Star, LEED Canada™, Green Globes, BREEAM, LEED Green Building Rating System та інші.

Основні переваги екологічного будівництва полягають у наступних принципах:

1. Для економічної сфери: зменшення витрат на електроенергію; зменшення споживання води призводить до значного зниження витрат на водопостачання.

2. Для суспільства: створення більш комфортних умов в приміщеннях за якістю повітря, а також тепловим і акустичним характеристикам; зниження рівня забруднень, що потрапляють у воду, ґрунт і повітря; підвищення якості життя за допомогою оптимального розміщення місць прикладання.

3. Для навколишнього середовища: значне скорочення викидів парникових газів, сміття та за бруднених вод; розширення і захист природного середовища існування та біологічного різноманіття; збереження природних ресурсів.

Отже, екологічне будівництво – це величезна перспектива та потенціал для економічного розвитку країни, що має низку переваг, які мають значний позитивний вплив на різні сфери, а також ведуть до сталого розвитку країни

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЦИКЛОНІВ АСПІРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА ІНФРАСТРУКТУРИ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА**

**Плужнік І. В., керівник доц. Сорока М. Л.**

**Український державний університет науки і технологій**

На підприємствах підготовки та зберігання зерна та зернових культур очистку технологічного повітря від пилу здебільшого виконують механічними методами. У модельному підприємстві, яке розглядалося у роботі, для очистки викидів використовують циклони типу ЦН-15 конструкції НПОГАЗ. Основна проблема дослідження полягає в тому, що апарати очищення були запроектовані на повну потужність роботи повітродувок аспіраційної системи. У сучасних економічних умовах підприємство часто відключає ряд зерносковищ або довгостроково не використовує пункти прийому і вивантаження продукції. Це впливає на ефективність очищення газоповітряної суміші газоочисної системи в умовах змінного витрати ГПС.

Для досягнення мети дослідження виконано імітаційне моделювання компонент швидкості і тиску ГПС у циклонах типу ЦН-15. Розрахунки виконані відповідно до моделі Орлова. Аналіз результатів моделювання виявив, що для пилу середньої крупності і великого пилу оптимальною є швидкість від 6,5 м/с до 9,5 м/с. Для пилу дрібної крупності оптимальною є швидкість в діапазоні від 9,5 м/с до 11,8 м/с. Ця оптимальна швидкість газоповітряної суміші досягається при роботі 4 або 5 вентиляторів. Таким чином, в умовах відключення понад двох вентиляторів аспіраційної системи не забезпечується паспортна ефективність очищення від пилу.

Узагальнюючи результати досліджень для підвищення ефективності від пилу можна рекомендувати деякі заходи:

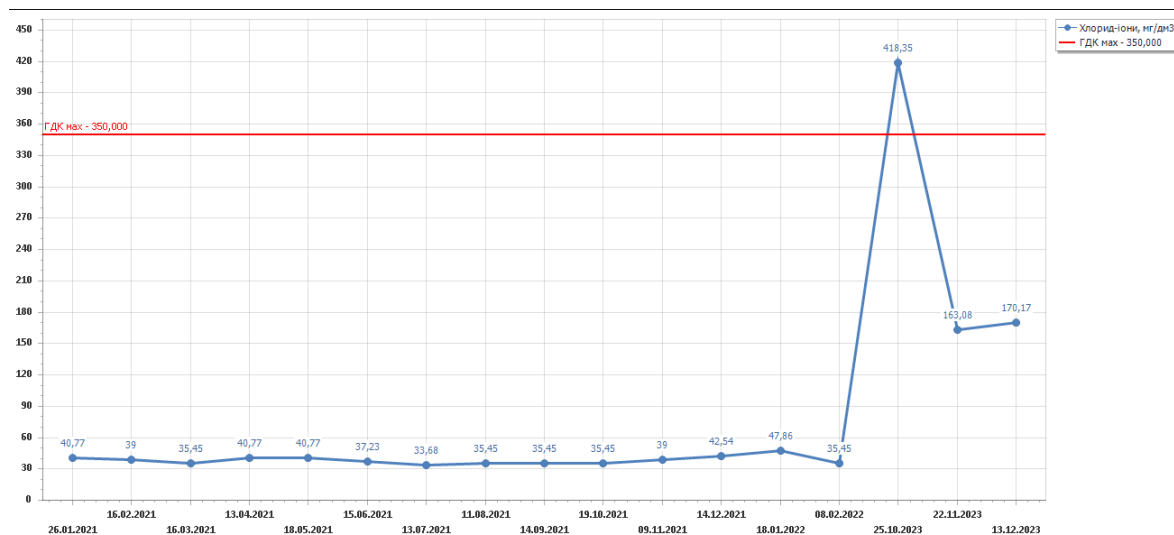
1) провести заходи з розділення аспіраційної мережі зерносковищ елеваторів та пунктів вивантаження і завантаження продукції (укрупнена оцінка витрат в межах 2,8 млн. грн).

2) встановити додаткове очисне обладнання: волокнистий фільтр для очищення газоповітряної суміші від зважених вчашає малої крупності при низьких швидкостях газоповітряної суміші (укрупнена оцінка витрат в межах 1,3 млн. грн).

3) установити підживлюючу лінію аспіраційної системи для збільшення швидкості потоку газоповітряної суміші до оптимального значення (укрупнена оцінка витрат в межах 1,4 млн. грн. при збільшенні експлуатаційних витрат на 11 %).

4) установити перед вхідним патрубком групи циклонів імпеллер з регульованою частотою обертання лопатей для збільшення швидкості потоку газоповітряної суміші до оптимального значення (укрупнена оцінка витрат в межах 855 тис. грн. при збільшенні експлуатаційних витрат від 5 %).

В умовах нестачі швидкості руху газоповітряної суміші імпеллер забезпечить необхідне прискорення без сильного її розбавлення підживлюючим повітрям атмосфери. Додатково, експлуатаційні витрати на роботу імпеллеру менші відповідних витрат за всіма іншими заходами.



Ретроспективна динаміка змін вмісту хлорид іонів у водах Південного водосховища

Результати аналізу виявили статистично значимі зміни мінералізації у водах Південного водосховища за параметром вмісту хлорид іонів. Як видно із графіка ретроспективної динаміки після катастрофи на Каховській ГЕС вміст хлорид іонів збільшується у понад 6 разів та перевищує гігієнічний норматив ГДК у перші 5 місяців після катастрофи.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН МІНЕРАЛІЗАЦІЇ У ВОДАХ ПІВДЕННОГО ВОДОСХОВИЩА ПІСЛЯ КАТАСТРОФИ НА КАХОВСЬКІЙ ГЕС**

**Шульга Б. О., керівник доц. Сорока М. Л.**  
**Український державний університет науки і технологій**

Метою цієї роботи є виявлення закономірностей зміни рівня мінералізації вод у верхньому б'єфі Південного водосховища, яке використовують для питного водопостачання населених міст Кривого Рогу та малих громад довкола. Для дослідження та аналізу використані результати державного моніторингу вод на пункті спостереження питного водозабору каналу Дніпро-Кривий Ріг на відмітці 43 км. Якість води у цьому пункті спостереження формує чинниками природного забруднення та перенесенням забруднення із стічних вод населених пунктів водозбірного басейну. У період після катастрофи на Каховській ГЕС змінений баланс водозабезпечення у водосховищі (без перенесення прісних вод із знищеного Каховського водосховища). У цій роботі використаний нормативний аналіз вмісту забруднюючих речовин у водах за показниками наказу МОЗ України №173 та №721 для вод культурно-побутового використання.

Ретроспективний аналіз результатів моніторингу виявив, що вміст розчиненого кисню у водах водосховища змінюються у від 10,48 до 11,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Фонове

збільшення кисню періодично спостерігається в зимній період. У 2021 році зафіксоване часткове зменшення кисню, а у 2024 році характер змін повертається до нормального стану. Вміст сульфат іонів у воді змінюються у незначних межах від 33 до 68 мг/дм<sup>3</sup>. Фонове збільшення вмісту сульфат іонів періодично спостерігається в осінній та весняні періоди. У 2023 році після катастрофи на Каховській ГЕС зафіксоване статистично значиме збільшення вмісту сульфат іонів до рівня 80...95 мг/дм<sup>3</sup>.

## **IMPACT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON SEDIMENT MOVEMENT IN RIVERS**

**Teterkin M. E, Fomenko V.V. scientific supervisor: Nahorna O. K., Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof., language consultant: Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof. Sokolova K.V.  
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

The movement of sediments in rivers is a sophisticated process influenced by a myriad of factors, encompassing both natural and anthropogenic elements. The investigation into the impact of these factors on sediment movement holds significance for the preservation of ecological stability and the sustainable management of water resources.

Understanding the dynamics of sediment transport is essential due to its critical role in shaping river ecosystems and maintaining the overall health of water bodies. The intricate interplay between natural forces and human activities shapes the sediment transport processes, making comprehensive research pivotal for informed environmental management [1].

Let's review some natural factors.

**Geological Structure:** type of rock formations in a river basin affects the composition of sediments. The mineral composition and particle size depend on geological conditions.

**Hydrological Conditions:** precipitation, snowmelt, the size of the river basin, and the structure of water flows determine the volume and velocity of sediment movement.

**Topography and Terrain:** the steepness of the terrain and the presence of mountainous slopes can increase erosion and influence sediment movement.

Here are some anthropogenic factors:

**Resource Extraction:** extraction of materials such as sand and gravel can increase sediment movement and impact river ecosystems.

**Infrastructure Construction:** the construction of hydrotechnical structures can alter the hydrodynamics of a river and lead to imbalance in sediment movement.

**Water Pollution:** discharges of pollutants can alter the chemical composition of sediments and affect aquatic ecosystems.

**Conclusion.** Interaction of natural and anthropogenic factors has a significant impact on sediment movement in rivers. Understanding these relationships is key to developing strategies for preserving river ecosystems, managing water resources, and preventing natural disasters. Research into this impact is essential for the development of effective and sustainable methods for managing sediment movement in rivers [1,2,3].

## **REFERENCES**

1. Downs, P.W.; Gregory, K.J. How Integrated is River Basin Management? *Environ. Manag.* 1991, 15, 299–309.
2. Roy, E.D.; Nguyen, N.T.; White, J.R. Changes in estuarine sediment phosphorus fractions during a large-scale Mississippi River diversion. *Sci. Total Environ.* 2017, 609, 1248–1257.
3. Vigiak, O.; Malagó, A.; Bouraoui, F. Modelling sediment fluxes in the Danube River Basin with SWAT. *Sci. Total Environ.* 2017, 599, 992–1012.

## **PROTECTION AND HAZARDS AT HYDROTECHNICAL OBJECTS: CLARIFICATION AND ANALYSIS**

**Krotsyuk A.Yu, Krutiy Yu.I. scientific supervisor Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof.,  
Nesterova O.V., language consultant Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof. Shashkina N.I.  
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

When assessing risks and hazards, critical scenarios that may occur on hydrotechnical objects are identified and analyzed, including the possibility of dam failures and emergency water discharges. Identifying potential consequences for people and the environment is a crucial stage in developing effective safety and protection strategies, as well as determining the necessary measures for risk management. This assessment process plays a vital role in creating resilient and reliable risk of management systems to protect both people and the environment.

The assessment of risks and hazards on hydrotechnical objects involves identifying and considering critical scenarios that may arise, taking into account various factors. In particular, the key aspects of this assessment include the analysis of the possibilities of dam failures and emergency water discharges. A detailed study of these critical scenarios allows for the identification of potential consequences, the assessment of the threat level to people and the environment, and the development of safety and risk management strategies to prevent or minimize such events.[1]

The collapse of a dam can lead to serious consequences, such as floods, the inundation of settlements and infrastructure, threats to human life, and significant ecological damage. Emergency water discharges can result in water resource pollution, disruption of ecosystems, loss of biodiversity, and a negative impact on human health.

Conclusion. With a systematic and comprehensive approach to risk assessment, effective strategies can be developed to ensure safety on hydrotechnical objects and minimize potential negative consequences. The analysis of the concept of «hydrotechnical objects» plays a crucial role in ensuring safety and effective risk management on these objects. Examining safety aspects, such as possible dam failures and emergency water discharges, identifies critical scenarios, enabling the development of effective strategies to prevent or minimize the consequences of such events.

Key elements of safety on hydrotechnical objects, along with identifying potential consequences for people and the environment, help determine the necessary measures to ensure stability and protection. This work is a significant contribution to the development of safety on hydrotechnical objects, contributing to the creation of risk management systems that ensure the safety of both the population and the environment [2].

## **REFERENCES**

1. Munich, R. NatCatSERVICE, Natural Catastrophe Know-how for Risk Management and Research. Natural Catastrophe Online Tool. Available online: <http://natcatservice.munichre.com/> (accessed on 18 September 2018).
2. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National Centers for Environmental Information. Storm Events Database 2017. Available online: <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/overview> (accessed on 18 September 2018).

## **MATERIALS FOR WATER SUPPLY SYSTEMS: SELECTION AND EFFICIENCY**

**Telichko V.I., Shtefyuk O.O., Scientific supervisor: Nesterov Ya. S, Assistant; Language consultant: Lukyanchuk A.O., English lecturer.**

**Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

Water supply systems are a crucial component of infrastructure to meet our domestic and industrial water needs. The choice of materials for these systems is a critical aspect of their effectiveness and service life. This essay explores various materials used in water supply systems and their impact on system efficiency.

**Key Requirements for Materials:** Reliability and Service Life: materials must withstand aggressive environments that can affect their structure and strength. Minimization of Water Loss: the effectiveness of a water supply system is also determined by the level of water loss through pipelines. Materials should provide tightness and minimize the risk of leaks. Compliance with Sanitary Standards: considering water quality requirements and adherence to sanitary norms is essential for ensuring users' safety.

**Economic Viability:** The choice of materials is associated with economic costs for construction and system maintenance. **Environmental Acceptability:** The use of environmentally friendly materials contributes to preserving natural resources and preventing environmental pollution.

**Impact of Materials on Water Quality and Safety:** there is a need to examine how materials influence the chemical composition of water and the ability to maintain system safety. **Operating and Maintenance Costs:** economic aspects of material selection, must be taken into account for optimal efficiency.

Choosing the right materials for water supply systems is a key factor in ensuring their efficiency and longevity. Considering water quality requirements, environmental standards, and economic factors helps make the correct choice of materials, contributing to the optimal functioning of water supply systems. It is important to consider various requirements and factors to ensure project success and meet users' needs.

Materials must be suitable for specific uses in different parts of the water supply system. For example, steel or polyethylene may be chosen for pipelines depending on the volume and characteristics of the transported fluid. The application of ceramics or concrete can be effective in reservoirs and structures where high strength and stability are required.

**Conclusion.** Scientific research and innovative developments in materials science play a crucial role in improving materials for water supply systems. Regular updates and improvements in materials allow the implementation of new technologies that enhance the quality and service life of systems.

The optimal choice of materials helps ensure the stable and efficient operation of water supply systems, which is of great importance for the comfort and safety of society [1].

## **REFERENCES**

Bluszcz, A.; Manowska, A. Differentiation of the Level of Sustainable Development of Energy Markets in the European Union Countries. *Energies* **2020**, *13*, 488

## **TECHNICAL INNOVATIONS IN SMALL RIVER HYDROPOWER**

**Nesterov Y.S., Korobka V. M, Lvov O. M., Scientific supervisor: Nechytailo M.P., Cand.Sc.(Tech)., Assoc. Prof., Language consultant: Druzhinina L.V., Assoc.Prof. Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

«Modern scientific research in the field of hydropower indicates that this energy source cannot be fully classified as renewable (alternative), unlike wind, solar, or biomass energy. The reason lies in the fact that the true energy of water is generated in natural rivers, taking into account their natural course. The application of a cascade of small hydropower plants (HPPs) leads to the disconnection of the river, its channels, and disrupts the natural flow. Reservoirs created on mountain rivers completely alter the character of the flow and simultaneously affect their hydrological potential.

Currently, small hydropower accounts for only a small percentage (0.2%) of Ukraine's total electricity generation capacity. According to the Energy Strategy for 2030, a significant increase in its share to 1.6% (8 times) is planned. The main way to achieve this goal involves tapping into the large hydropower potential of small rivers in the Carpathians, which is considered environmentally acceptable for mountain preservation»ю

However, there is a risk that the intensive construction of small hydropower plants (HPPs) in the Carpathians, driven by the 'green' tariff, may not only fail to solve the country's energy balance problem but also lead to negative consequences due to negligence and haste in choosing locations for their placement. This could have a serious and irreversible impact on ecologically important river systems in the Ukrainian Carpathians.

Modern scientific research in the field of hydropower not only contributes to the improvement of new technologies but also considers the importance of sustainable development and conservation of natural resources. The prospects for the development of hydropower include the implementation of innovative methods and technologies that will contribute to the sustainable provision of the world with electricity.

Conclusion. The use of hydropower from small rivers opens up extensive prospects for sustainable development and the expansion of the energy mix. Taking into account technical, environmental, and innovative aspects, this direction can become a significant contribution to the development of renewable energy sources and contribute to the reduction of greenhouse gas emissions, promoting the sustainable and efficient use of river resources for electricity generation [1,2,3].

## **REFERENCES**

1. Ukraine Energy Profile. [Electronic resource]. Access mode:<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ac51678f-5069-4495-9551-87040cb0c99d/UkraineEnergyProfile.pdf>
2. Anagnostopoulos JS, Papantonis DE. Optimal sizing of a run-of-river small hydropower plant. *Energy Conversion and Management*, 48; 2007. p. 2663–2670.
3. Paish O. Small hydro power: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6; 2002. p. 537–556.

## **DEVELOPMENTS AND CHALLENGES IN THE FIELD OF SMALL RIVER HYDROENERGETICS: PATHS TO SUSTAINABLE AND EFFECTIVE DEVELOPMENT**

**Maksimov S. O., Merzlozubov E.O., Selenin M. E.; scientific supervisor: Stratii G. O., assistant; language consultant: Shashkina N.I., Cand. Sc. (Philol), Assoc. Prof. Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

Hydroenergetics of small rivers plays a crucial role in the modern energy landscape, offering sustainable and efficient sources of renewable energy. Developments and challenges in this field define the prospects for its growth and impact the resilience of the energy system. This paper explores key aspects of small river hydroenergetics development and identifies paths toward sustainable and effective advancement.

One of the primary areas of development lies in the implementation of technical innovations in small river hydroenergetics. Designing effective and compact hydroenergetic technologies suitable for conditions of limited water flow is a paramount task. The incorporation of modern materials and automation technologies will enhance the quality and efficiency of small hydroelectric power stations.

Consideration of environmental aspects is critical to ensuring sustainable development in small river hydroenergetics. It is essential to develop projects that not only provide electricity but also preserve river ecosystems. Minimizing the impact on fish stocks and conserving biodiversity become necessary aspects of ecological sustainability.

The effective development of small river hydroenergetics requires integration with other sources of renewable energy. Combining it with solar and wind energy allows for creating stable and reliable power systems, enhancing overall efficiency and the stability of electricity supply.

Effective development in small river hydroenergetics requires addressing economic challenges. Facilitation of investments in research and the implementation of new technologies are crucial steps. Ensuring the competitiveness of this sector in the energy market is a key factor for sustainable development.

Climate change introduces new challenges and opportunities for small river hydroenergetics. Predicted variations in water flow and other climatic changes necessitate the development of flexible technologies capable of adapting to environmental shifts.

**Conclusion.** The development of small river hydroenergetics is a crucial step toward ensuring the sustainable and efficient utilization of river resources for electricity generation. Paths to sustainable development include technical innovations, environmental considerations, integration with other energy sources, solutions to economic challenges, and adaptation to climate change. Strengthening efforts in these directions will contribute to the ongoing growth and effectiveness of small river hydroenergetics.

## **REFERENCES**

1. Dryzek, J.S.; Norgaard, R.B.; Schlosberg, D. *Climate Change and Society: Approaches and Responses*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2011.

## **TECHNOLOGICAL CHALLENGES IN THE CONSTRUCTION OF LOW-STRENGTH HYDROTECHNICAL STRUCTURES**

**Golub O. P, Gritsenko A. A., Dikhtiar V.V., scientific supervisor: Mushket V. L., assistant, language consultant: Atroshenko I.I., English lecturer  
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**

Hydrotechnical practice has shown that the design principles applied to large hydrotechnical structures are not applicable to low-pressure hydrotechnical structures, leading to additional costs in their construction. Currently, selecting appropriate technological approaches for the design or construction of low-pressure hydrotechnical structures poses a complex engineering challenge.

The preparation of foundations for structures is one of the areas that requires a significant amount of labor and material resources for construction. According to estimates from some scientists and experts, the cost of preparing foundations constitutes approximately 10% of the total construction cost. In challenging engineering-geological conditions, this figure can reach up to 30%, and for concrete and reinforced concrete structures, it can go up to 23% of the overall construction cost. The cost of the work is estimated to be within the range of 15-20%.

In the second half of the last century, a series of construction projects were undertaken for the effective management and utilization of water resources. As a result, hydrotechnical structures of Class III-IV were constructed on soft soils. The design data of these structures in the republic were studied and analyzed using technological and engineering-geological methods for calculating the conditions of the developed territory, preparing foundations, and ensuring their safety.

The analysis results indicate that on some facilities, complex and costly technologies were employed for the preparation of foundations and ensuring their safety. The material resources and capabilities for this were sufficient. At the same time, modern technological measures aimed at preparing foundations and ensuring the safety of hydrotechnical structures on soft soils provide optimal and economically efficient methods for enhancing the safety and stability of foundations for low-pressure hydrotechnical structures on soft soils. Recently, technologies focused on reducing the weight of concrete structures, artificial reinforcement, and chemical stabilization of foundations have been actively applied in this context.

Nevertheless, it is crucial to carry out a comprehensive series of experiments, field trials, and assessments on existing hydrotechnical structures. This is necessary to substantiate their adequate reliability and suitability for the practical implementation of these methods.

Conclusion. Research in this direction will enable the development of effective practical measures to ensure and enhance the reliability of low-pressure hydrotechnical structures and prevent potential emergency situations [1].

## **REFERENCES**

1. Bedjaoui, N. & Weyer, E., 2011. Algorithms for leak detection, estimation, isolation and localization in open water channels. *Control Engineering Practice*. 19(6), 564-573. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2010.06.008>

## **UMWELTFREUNDLICHES BAUEN**

**Osadcha O. R., Betr. M.L. Smyrnova**

**Ukrainische staatliche Universität für Wissenschaft und Technologien**

Das ökologische Bauen ist eine neue Entwicklungsstufe des Architektur- und Bauwesens, auf die es sich an der Wende vom XX. zum XXI. Jahrhundert zu bewegen begann, und gleichzeitig ein wichtiger Bestandteil des Konzepts der "nachhaltigen Entwicklung". Dieser Übergang ist Ausdruck eines tiefgreifenden Prozesses, in dem sich die Weltgemeinschaft der Rolle bewusst wird, die die menschliche Zivilisation im Allgemeinen und die urbanisierten Gebiete im Besonderen bei der Zerstörung der Nachhaltigkeit des Ökosystems unseres Planeten spielen.

Moderne Städte, einschließlich der Gebäude und Bauwerke, sind eine der Hauptquellen der Umweltverschmutzung. Expertenangaben zufolge verbrauchen Gebäude weltweit etwa 40 Prozent der gesamten Primärenergie, 67 Prozent des gesamten Stroms, 40 Prozent aller Rohstoffe und 14 Prozent des gesamten Trinkwassers und verursachen 35 Prozent aller Kohlendioxidemissionen und fast die Hälfte aller festen Siedlungsabfälle.

Diese Zahlen machen nachdenklich. Offensichtlich verbergen sich dahinter erhebliche Möglichkeiten zur Einsparung von Ressourcen und zur Optimierung der Kosten von Bauprojekten.

Diese Erkenntnis in den westlichen Unternehmen entwickelte sich auf der Grundlage einer fortschrittlicheren strategischen Managementstruktur, die eine Reihe von Nuancen berücksichtigt, und eines fortschreitenden Verständnisses der sozialen Verantwortung der Unternehmen. Infolgedessen entstanden auf den fortgeschrittenen europäischen und amerikanischen Baumärkten neue Ansätze für Entwurf, Produktion und Management, die schließlich unter dem Begriff "Green Construction" bekannt wurden.

Durch das Aufkommen innovativer Technologien ist ein Wandel in der Herangehensweise an den Bau- und Planungsprozess möglich geworden. Um zu verstehen, in welchem Stadium und mit welcher Hilfe eine Optimierung möglich ist und wo die tatsächlichen Umweltschäden liegen, müssen nicht nur die Qualitätsmerkmale des Projekts selbst, sondern auch der gesamte Prozess der Herstellung von Baumaterialien, das System ihrer Lieferung an die Baustelle, die Arbeitsweise der Auftragnehmer, die Fertigstellung der Anlage, die Besonderheiten ihres Betriebs und ihrer Entsorgung und vieles mehr berücksichtigt werden.

In den letzten Jahren ist die Ökobaubewegung immer komplexer und großflächiger geworden, wie der Trend zum Bau ganzer Ökostädte zeigt, in denen die natürliche Umwelt, die Stadtplanung, die Entwicklung, die Kommunikation und der Lebensstil miteinander in Einklang stehen. Zu den neuesten und größten Stadtentwicklungsprojekten gehören Masdar City in den Arabischen Emiraten, der Houguan-See bei Wuhan in China, Songdo City in Südkorea und andere.

## **MODERNE TECHNOLOGIEN IM BAUWESEN**

**Woron I.I., Betr. M.L. Smyrnova**

**Ukrainische staatliche Universität für Wissenschaft und Technologien**

Veränderungen gegenüber den üblichen Methoden und Ansätzen in diesem Prozess mit sich. Es wird immer wichtiger, dass die Bauträger bestrebt sind, Wohnungen zu schaffen, die nicht nur hohen Qualitätsstandards entsprechen, sondern auch modernen Anforderungen an Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Kosteneffizienz gerecht werden.

In den letzten 10-20 Jahren hat sich die Baubranche durch die Einführung zahlreicher Technologien und Lösungen, die heute von den Bauträgern in großem Umfang genutzt

werden, erheblich verändert. Werfen wir einen Blick auf einige innovative Veränderungen, die von ukrainischen Bauträgern aktiv genutzt werden und die vor einem Jahrzehnt in der Ukraine praktisch unbekannt waren.

**Gebäudedatenmodellierung.** Dabei handelt es sich um eine Informationsmodellierung, die nicht nur die Bewertung der Rentabilität des Projekts ermöglicht, sondern auch die Erstellung der erforderlichen Bauunterlagen vereinfacht. Bauherren können mit diesem Programm schnell den zu erwartenden Gewinn berechnen, was die Effizienz des Projektmanagements erhöht.

**Einsatz von 3D-Druckern im Bauwesen.** An der Spitze der Bauindustrie gibt es bereits Unternehmen, die 3D-Drucker einsetzen, um einzelne Elemente von Häusern zu erstellen. Die Welt hat bereits gesehen, wie Häuser vollständig mit 3D-Druckern gebaut wurden. Aufgrund der hohen Kosten der Technologie ist sie jedoch für viele Unternehmen bisher unerschwinglich.

**Sonnenkollektoren auf dem Dach.** Immer mehr Bauunternehmen stellen auf grüne Energie um und verwenden Solarzellen. Auch wenn es schwierig sein kann, den Strombedarf von Solarzellen vollständig zu decken, macht die teilweise Nutzung dieser Energiequelle die Häuser nachhaltiger und unabhängiger vom zentralen Stromnetz der Stadt.

**Monolithische Technik.** Die Besonderheit dieser Methode ist die Verwendung einer herausnehmbaren Schalung aus verschiedenen Materialien wie Holz, Kunststoff oder Schaumstoff. Die Schalung wird mit einer Betonmischung befüllt und anschließend mit einem speziellen Baurüttler verdichtet. Nachdem der Beton vollständig getrocknet und ausgehärtet ist, wird die Schalung entfernt. Mit dieser Technologie entstehen zuverlässige monolithische Gebäude mit integrierter Wasserversorgung, Lüftung, Heizung, Kanalisation und Stromversorgung.

**Holztafelbau.** Bei dieser Technologie werden massive Stahlbetonplatten verwendet, die zunehmend durch Sandwich-Paneele ersetzt werden - dreischichtige Konstruktionen aus zwei Schichten Stahlbeton und einer dazwischen liegenden Dämmung. Die Plattenbauweise gewährleistet eine hohe Baugeschwindigkeit, die das Gebäude wie einen riesigen Baukörper wirken lässt.

**Ziegelbauweise.** Häuser aus Ziegeln gelten seit langem als komfortabel und zuverlässig. Wegen der hohen Kosten und der geringen Baudynamik wird die Ziegelbautechnik vor allem für Gebäude mit einer Höhe von 4-12 Stockwerken verwendet. Wenn jedoch minderwertige Ziegel oder unsachgemäßes Mauerwerk verwendet werden, kann die Dichtigkeit der Wände beeinträchtigt werden.

## **THE IMPERATIVE NEED FOR ENVIRONMENTAL SAFETY**

**Bobyl M.V., language advisor Afanasieva L.V.**

**Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Preservation of Natural Resources:** The sustainable management and conservation of natural resources are vital to maintain ecological balance. This includes responsible water usage, protecting forests, and ensuring soil health for future generations.

**Mitigation of Pollution:** Efforts to control and reduce pollution are critical in maintaining environmental safety. Strategies targeting air, water, and soil pollution are necessary to sustain a healthy environment.

**Biodiversity Conservation:** Protecting and preserving diverse flora and fauna is essential. The variety of species is key to a resilient and thriving ecosystem.

**Effective Waste Management:** Responsible waste disposal, recycling, and reducing waste production are essential aspects of environmental safety. Proper waste management prevents contamination and degradation of the environment.

Transition to Renewable Energy: Embracing renewable energy sources is crucial for reducing the carbon footprint and combating climate change. Solar, wind, and hydro power play a significant role in ensuring environmental safety.

Ecosystem Protection: Conservation and restoration of ecosystems, both on land and in water, are vital. Ecosystems are interconnected, and their well-being is crucial for a balanced and healthy environment.

Adaptation to Climate Change: Environmental safety includes measures to adapt to and mitigate the impacts of climate change. This involves reducing greenhouse gas emissions and implementing strategies to cope with changing climatic conditions.

Educational Awareness and Advocacy: Educating and raising awareness about environmental issues is fundamental. Advocacy and community involvement are pivotal in promoting sustainable practices and environmental safety.

Legal Framework and Regulations: Governments worldwide establish laws and regulations to ensure environmental safety. Adherence to these regulations is crucial in safeguarding the environment.

Promotion of Sustainable Practices: Encouraging and implementing sustainable practices in industries, agriculture, and everyday life is vital for minimizing environmental impact.

In conclusion, environmental safety is not just an option but a necessity for the well-being of our planet. It requires a collective effort involving individuals, communities, governments, and businesses. Prioritizing sustainable living, conservation, and responsible decision-making is paramount to safeguard our environment.

Conclusion: A Shared Responsibility for a Sustainable Future

Environmental safety is a shared responsibility that transcends borders and ideologies. Our planet's health and the well-being of all living beings depend on our commitment to these principles. It is incumbent upon individuals, communities, governments, and industries to work together to protect and preserve our natural environment.

Embracing eco-friendly technologies, reducing our carbon footprint, and adopting sustainable practices should be at the forefront of our efforts. Our ability to adapt to the challenges posed by climate change, pollution, and resource depletion will determine the quality of life for generations to come.

In this global endeavor, advocacy and education are powerful tools. Encouraging discussions on environmental issues, sharing knowledge about conservation, and empowering individuals to make eco-conscious choices can lead to significant positive change.

Furthermore, regulatory measures must be enforced to ensure compliance with environmental laws and regulations. Businesses should be incentivized to adopt green practices, and consumers should be aware of the environmental impact of their choices.

In conclusion, environmental safety is not just an ethical choice but a necessity for our survival. As stewards of this planet, it is our duty to protect and preserve it for ourselves and for future generations. By respecting the principles of environmental safety, we can pave the way for a sustainable, healthier, and more prosperous world.

## **MODERN TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION**

**Klochenko H., language advisor Afanasieva L.V.**

**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Building information modeling (BIM) is one of the most promising recent developments in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. With BIM technology, an accurate virtual model of a building is digitally constructed. This model, known as a building information model, can be used for planning, design, construction, and

operation of the facility. It helps architects, engineers, and constructors visualize what is to be built in a simulated environment to identify any potential design, construction, or operational issues. BIM represents a new paradigm within AEC, one that encourages integration of the roles of all stakeholders on a project. In this paper, current trends, benefits, possible risks, and future challenges of BIM for the AEC industry are discussed. The findings of this study provide useful information for AEC industry practitioners considering implementing BIM technology in their projects. The building information model contains precise geometry and relevant data needed to support the design, procurement, fabrication, and construction activities required to realize the building. After completion, this model can be used for operations and maintenance purposes.

In the construction industry, 3D printing can be used to create construction components or to 'print' entire buildings. Construction is well-suited to 3D printing as much of the information necessary to create an item will exist as a result of the design process, and the industry is already experienced in computer aided manufacturing. The recent emergence of building information modelling (BIM) in particular may facilitate greater use of 3D printing. Construction 3D printing may allow, faster and more accurate construction of complex or bespoke items as well as lowering labour costs and producing less waste. It might also enable construction to be undertaken in harsh or dangerous environments not suitable for a human workforce such as in space.

A 3D digital model of the item is created, either by computer-aided design (CAD) or using a 3D scanner. The printer then reads the design and lays down successive layers of printing medium which are joined or fused to create the item. The process can be slow, but it enables almost any shape to be created. Depending on the technique adopted, printing can produce multiple components simultaneously, can use multiple materials and can use multiple colours.

With their real-time data recording and unique aerial advantage, drones can improve efficiency, cut costs and streamline workflow. Here are some of the ways drones are used in construction. Due to their ability to map vast quantities of land, drones can exponentially cut down on time spent visualizing a site's topography. Equipment malfunctions are another common issue. Drones' recording functionality could be used to identify issues remotely and provide visual representations that aid in communicating those issues. Construction managers can also use drone video cameras to monitor the job site for safety concerns, ensuring workers are properly balanced and that no structures or equipment are loose or unstable. Replacing heavy machinery and bulky scaffolding, drones can provide a crucial inspection. They can be flown around structures to check stability and fine details, and take high-resolution imagery for analysis.

Among the new construction technologies, virtual and augmented reality have been a great innovation, providing visualizations. With the \$8 trillion forecast in the industry's global growth by 2030, the use of VR and AR would surely be significant. Having mentioned the possibility of a 90 percent reduction in building costs when implemented in 2022, AR/VR technology has been seen in various remote site inspections. It also enables safety, collaboration and communication among AEC personnel.

Solving operation management issues, the digital twin is the newest technology in the AEC industry. It involves the use of simulation in creating a building prototype. Digital twin trends and functionality cover the use of intelligent multidimensional digital models. In 2023 and beyond, there will be fewer buildings with operational issues, all due to the ability of digital twins to simulate, predict and inform decisions based on real-world conditions. Digital twins carry out performance analysis considering occupants' behaviours with the use of patterns and space.

references to sources:

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>

[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/3D\\_printing\\_in\\_construction](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/3D_printing_in_construction)

<https://www.bigrentz.com/blog/drones-construction>

<https://www.intellectsoft.net/blog/8-emerging-construction-technology-trends/>

## **MODERN TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION**

**Samtsov O.D., language supervisor L.V. Afanasieva**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

For construction,

They use modern technologies and at the same time have specific goals. Such as:

1. Create some kind of high-quality building.
2. Reduce time.
3. Reduce the costs of the construction itself.

With the help of modern technologies, many companies have simplified many tasks for themselves and have been able to achieve the highest quality.

- 3-D panels are the basis of the frame, assembled from expanded polystyrene elements. A stable, non-structural structure is created to serve as an ideal frame for pouring concrete.
- Unknown formwork, a new technology in everyday life, appeared in the USA, then in Europe and, over time, the workers of the SND region. The technology lies in the fact that for the construction of monolithic reinforced concrete structures, after the preliminary hardening, the working parts are not removed, but ,vikoryst is used as a replacement for the empty and heat-insulating material. This is achieved within the shortest possible time for the installation of the monolithic structure as a whole. The range of output materials for the construction of permanent formwork includes natural and artificial materials.
- Pinosklo is a material that has been rediscovered by the way of advanced production technology. The production of wineglass was extremely expensive, so a wide range of materials was not lost.
- Pinosklo has positive characteristics, the obvious fact is that it is promising in terms of functionality of the material: High value ,Moisture-resistant ,Hand granulated form ,Frost resistance, Low thermal conductivity.

## **MODERN TECHNOLOGIES IN HIGHWAY CONSTRUCTION**

**Horianyi O. S., language supervisor L.V. Afanasieva**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Highways and roads are vital components of modern infrastructure that greatly influence economic development, convenience, and safety. The development of modern technologies in road construction enhances the quality, longevity, and safety of road surfaces. In this thesis statement, we will explore some of the important innovative technologies used in contemporary road construction.

### Asphalt and New Materials:

Modern technologies allow for the development of more durable and resilient materials for road surfaces. For instance, asphalt mixtures with additives such as fibers or rubber provide higher strength and resistance to wear and tear. Some companies are already introducing eco-friendly materials, such as asphalt made from recycled plastics.

### Digital Technologies and Surveying:

Modern geodetic and cartographic technologies aid in creating precise construction plans, minimizing errors, and construction costs. Geodetic systems using GPS and aerial photography enable road projects to be planned with centimeter-level accuracy.

### Construction Machinery and Automation:

Modern construction machinery utilizes the latest technologies, including automatic control systems and drones for construction monitoring. Tasks that previously required significant manual labor can now be accomplished faster and more efficiently through automation and robotics.

### Information Systems and "Smart" Roads:

Contemporary roadways can be equipped with information systems that provide drivers with real-time information about road conditions, traffic, and safety. These "smart" roads can reduce the risk of accidents and improve traffic flow.

### Environmentally Friendly Solutions:

Modern technologies also support the development of more environmentally friendly solutions for road construction. This includes the use of biofuels for construction equipment and the implementation of eco-friendly methods for pavement maintenance and rehabilitation. Modern technologies have a profound impact on road construction, making roads more durable, safe, and sustainable. These technologies play a critical role in ensuring the quality and longevity of road surfaces, which is essential for the safety and convenience of our transportation systems.

Наукове видання

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ  
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 24”  
23-24 травня 2024 року

ЗБІРНИК ТЕЗ

Том 1

Відповідальний редактор Л.З.Мартінова  
Комп'ютерна верстка Л.З.Мартінова  
Дизайн обкладинки Л.З.Мартінова

Видавець: Український державний університет науки і технологій.  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)  
м. Дніпро, 49010  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7709 від 14.12.2022