

ДЕРГОУСОВ В. М., ПЕРМЯКОВ О. А.

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕДУКТОРІВ РІЗАННЯ ОЧИСНИХ ВУГІЛЬНИХ КОМБАЙНІВ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Автори, маючи кожен свій досвід наукової та практичної діяльності і накопичені знання з технології машинобудування, поставили собі за мету узагальнення та оцінку нових можливостей до проектування технологічних процесів виготовлення зубчастих передач редукторів очисних вугільних комбайнів нового покоління. Розглянуто особливості видобутку вугілля, технічних вимог до створення відповідальних вузлів очисних вугільних комбайнів, що забезпечують ефективність роботи, технологічні новації, які забезпечують якість і знижують трудомісткість виготовлення та складання.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, дрібносерійне виробництво, очисний вугільний комбайн, редуктор різання, зубчаста передача, точність, якість, рівень шуму.

DERGOUZOV V., PERMYAKOV O.

ON THE FEATURES OF MANUFACTURING CUTTING GEARBOXES FOR COAL MINERS IN SMALL-SCALE PRODUCTION CONDITIONS.

The authors, each having their own experience in scientific and practical activities and accumulated knowledge in mechanical engineering technology, aimed to summarize and assess new possibilities for designing technological processes for manufacturing gear transmissions of coal mining shearers of a new generation. The features of coal mining, technical requirements for creating critical units of coal mining shearers that ensure operational efficiency, and technological innovations that ensure quality and reduce the labor intensity of manufacturing and assembly are considered.

Keywords: technological preparation of production, small-scale production, mining coal combine, cutting gearbox, gear drive, accuracy, quality, noise level.

Вступ. Україна володіє значними запасами кам'яного вугілля — одним із ключових видів палива для промисловості та енергетики. У відповідності з Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (зі змінами від 29.01.2021 № 1162-IX, а саме п.4 статті 3 закону - раціональне природокористування) стоїть актуальне питання пов'язане зі збільшенням потенціалу вугільної промисловості України шляхом створення вугільних комбайнів нового покоління. Виробництво обладнання для вугільної промисловості – це складний наукомісткий та комплексний технологічний процес. Для ефективного вирішення зазначеної проблеми потрібен комплексний підхід з урахування всіх особливостей створення сучасного обладнання на всіх етапах життєвого циклу від дослідно-конструкторських робіт і проектування, технологічної підготовки виробництва та самого виробництва в умовах потрібної серійності до введення в експлуатацію із забезпеченням системи технічного супроводу та обслуговування.

Мета дослідження. На основі системного аналізу особливостей видобутку вугілля, технічних вимог до створення відповідальних вузлів, що забезпечують ефективність роботи очисних вугільних комбайнів нового покоління, організаційно-технологічних можливостей заводу розглянути та впровадити технологічні новації, які забезпечують якість та підвищення надійності і ресурсу, зменшення рівнів шуму, знижують трудомісткість виготовлення зубчастих передач та складання редукторів різання.

Характеристики вугільних пластів та вимоги до вугільнодобувних комбайнів нового покоління.

Сучасний видобуток кам'яного вугілля в Україні здійснюється переважно підземним способом через шахти. Глибина залягання пластів може сягати 1200-1500 м, що ускладнює процес.

Вугільний пласт — форма залягання вкопного вугілля у вигляді плито- і лінзоподібних тіл із невеликою (порівняно з площею поширення) потужністю. Вугільні пласти можуть мати просту (рідше) та складну будову з багаторазовим чергуванням шарів вугілля і породних прошарків, частими геологічними порушеннями [1].

Гіпсометрія - метод відображення на географічних картах рельєфу земної поверхні та залягання поверхні контакту покладу корисної копалини з вмисними породами за допомогою горизонталей або ізогіпс. Гіпсометрія вугільного пласта на відміну від інших характеристик пласта, таких як нормальна потужність, зольність, теплота згоряння та інших показників якості вугілля, висотні позначки пласта змінюються не за лінійним законом (з неспокійною гіпсометрією). Він є одним з найбільш значущих гірничо-геологічних факторів, що багато в чому визначає спосіб і технологічну схему видобутку вугілля, досягаються техніко-економічні показники роботи гірничого підприємства та повноту вилучення корисних копалин з надр.

Потужність вугільного пласта – це певна відстань по нормалі між покрівлею пласта та його підшовою, а також відстань між висячими та лежачими боками лінз, жил та інших геологічних тіл. За потужністю пласти діляться на дуже тонкі (до 0,7 м), тонкі (від 0,71 до 1,2 м), середньої потужності (від 1,21 до 3,5 м) і потужні (понад 3,5 м). *Кут падіння вугільного пласта* — кут між пластом і горизонтальною площиною. Відповідно до Правил технічної експлуатації вугільні пласти за кутом падіння поділяються на положисті (до 18°), похилі (від 19 до 35°), крутопохилі (від 36 до 55°) і круті (від 56 до 90°). Потужність і кут падіння вугільних пластів значною мірою обумовлюють систему його розробки і способи управління покрівлею в очисних вибоях, механізацію очисних робіт тощо.

Характеристики зруйновності вугільного пласта відображають здатність вугільних пластів протистояти впливу ріжучого інструмента виймальних машин, що залежать від природно-генетичних і гірничотехнічних чинників.

До числа таких характеристик відносять: опірність вугільного пласта різанню в різних зонах по ширині захоплення виконавчих органів виймальної машини, взаємопов'язані показники крихкості пласта при різанні і здатності вугілля до подрібнення, показник здатності пласта руйнуватися (показник зруйновності пласта).

Опірність вугільного пласта різанню (A_p) – характеристика зруйновності вугільного пласта, що оцінюється як приріст сили різання на різці на одиницю товщини стружки при використанні еталонного приладу ДКС – динамометра крупного сколу. Опірність вугільного пласта різанню є досить стабільною і тому використовується як основний параметр при класифікації вугілля за опірністю різанню. Опірність різанню є випадковою величиною і у межах смуги, що виймається мінливість цієї випадкової величини, як правило, добре описується нормальними статистичними розподілами. В Україні розподіл промислових запасів вугілля за параметром A_p такий:

A_p , кН/м	до 120	120-240	240-360	Понад 360
Частка запасів вугілля, %	40,4	48,1	10,6	0,9

Видобувний гірничий комбайн (очисний комбайн) — комбінована гірнична машина, яка одночасно виконує операції руйнування пласта корисної копалини та навантаження відбитої маси на конвеєр. Більшість конструкцій вузькозахватних сучасних очисних комбайнів, призначених для виїмки вугільних пластів із кутами падіння 0-35°, мають виконавчі органи у вигляді шнеків з різцями. Шнек забезпечує в складі очисних комбайнів функції відділення вугілля від масиву й навантаження відділеної гірничої маси на вибійний конвеєр (рис.1).

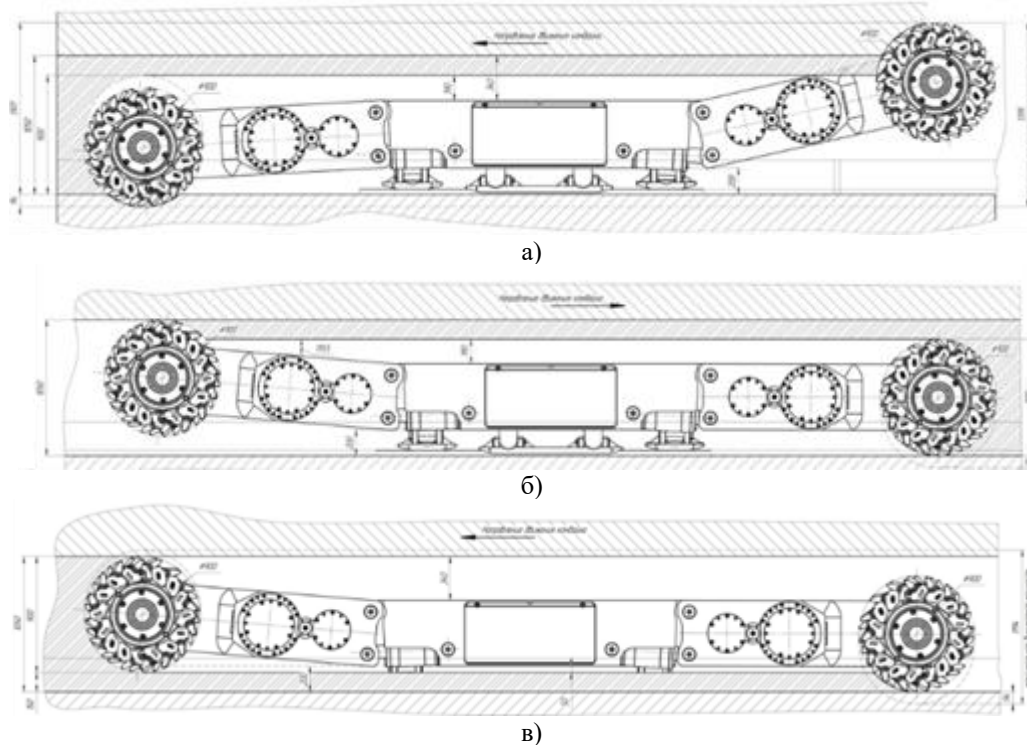


Рис. 1 - Схеми роботи очисних комбайнів

- а) — повний діапазон вийманої потужності
 б) — діапазон вийманої потужності, спосіб 1 (з забійною лижею)
 в) — діапазон вийманої потужності, спосіб 2 (без забійної лижі)

Вугільна промисловість України потребує розробки та впровадження високоефективних очисних комбайнів нового покоління. Для цього необхідно мати сильний науково-інженерний потенціал та потужну інтелектуальну та виробничу базу. Все це є в АТ «ХАРКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД «КОРУМ СВІТЛО ШАХТАРЯ» найбільшому підприємстві з випуску гірничошахтного обладнання, одному з найстаріших підприємств вугільної галузі України (у 2021 році заводу виповнилося 130 років). Діяльність підприємства здійснюється за замкненим циклом: від дослідження, проектування, підготовки виробництва, виробництва до шефмонтажу та техобслуговування поставленого обладнання. Гірничошахтне обладнання, що випускається заводом, відповідає вимогам безпеки, має дозвіл Держпраці України на застосування у вугільних шахтах, небезпечних по газу та/або пілі.

За результатами аналізу характеристик вугільних пластів, які підлягають видобутку на шахтах України було сформульовані вимоги до вугільнодобувних комбайнів нового покоління:

- забезпечена вписуваність комбайна при потужності пласта 0,85 м на пластах з неспокійною гіпсометрією;
- застосування комбайна на вугіллі з опірністю різання до 480 кН/м;
- підвищення енергоозброєності приводу різання до 500 кВт;
- агрегатно-модульна конструкція та повна уніфікація редукторів різання (без лівого/правого виконання);
- полегшено складання/розбирання основних вузлів комбайна;
- можливість демонтажу електродвигунів без розстикування комбайна;
- можливість відпрацювання лав довжиною до 300 м.

Комбайн вугільний очисний як об'єкт виробництва. Проведені науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи дозволили створити високоефективну конструкцію очисного комбайна УКД200-500 з техніко-економічними показниками на рівні і краще світових зразків та забезпечити його серійне виробництво з гарантією стабільної якості, високої продуктивності та зниження трудомісткості виготовлення [6]. Комбайн очисний УКД200-500 призначений для механізованого вилучення вугілля у складі очисних комплексів, в очисних вибоях пологих і похилих пластів потужністю 0,85-1,5м, що рухаються по простяганню з кутами нахилу до 35°, а також по повстанню та падінню з кута 10°, при опірності вугілля різання до 480 кН/м. Очисний комбайн УКД200-500 є універсальною машиною, яка може працювати у складі множини очисних комплексів. Компонувку комбайна УКД200-500 наведено на рис.2.

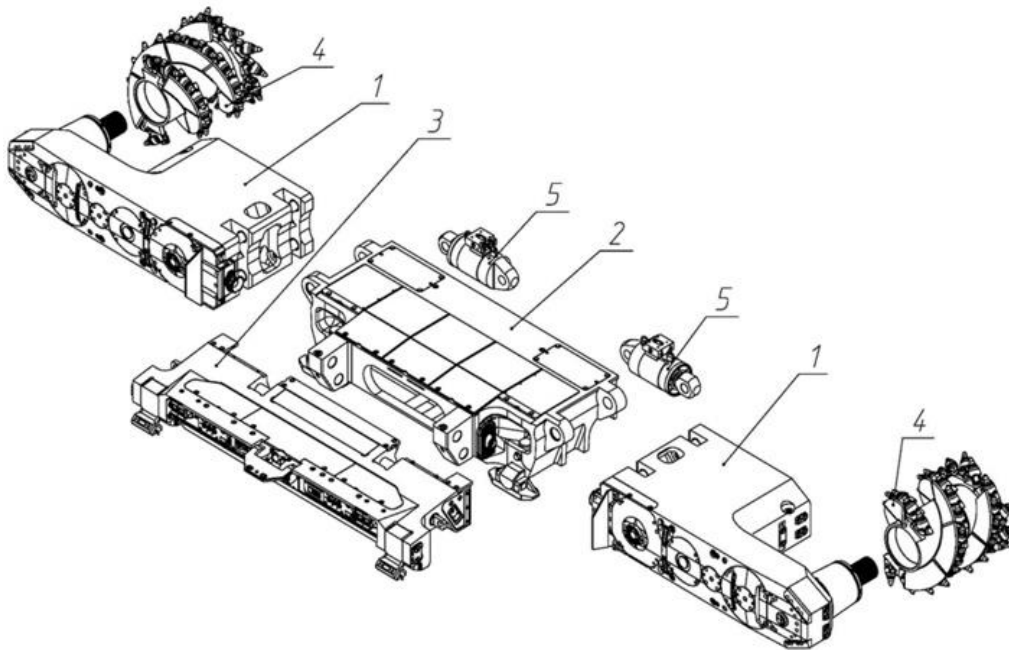


Рис. 2 – Компонувка очисного комбайна УКД200-500

1 - Ріжуча частина; 2 - Рама; 3 - Портал; 4 - Шнековий виконавчий орган (лівий/правий); 5 - Гідродомкрат

Ріжуча частина очисного комбайна УКД200-500 (рис.3) є уніфікованою, що дозволяє встановлювати її як з лівого, так і з правого боку рами, є тріступінчастим редуктором з електродвигуном. Кожен ступінь редуктора розташований в окремій герметичній камері, захищеній від проникнення абразивних частинок.

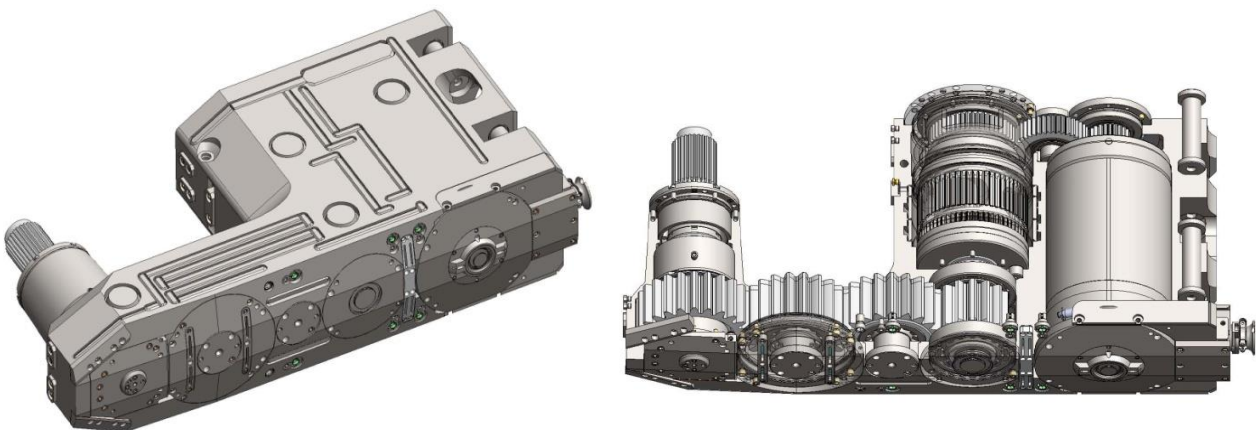


Рис. 3 – Ріжуча частина очисного комбайна УКД200-500

У корпус редуктора вбудована триконтурна система охолодження із розділеними паралельними потоками. Охолодження швидкохідного ступеня циліндричної прямозубої передачі здійснюється шляхом вбудованого радіатора, планетарного ступеня за допомогою одноконтурної сорочки охолодження, тихохідного ступеня прямозубої циліндричної передачі через виконані в корпусі канали охолодження.

Між другим і третім щаблем редуктора розташований зрізний елемент, у вигляді шлицевого валу, що виключає аварійний вихід з ладу елементів редукторної групи. Згладжування динамічних пікових навантажень здійснюється торсіонним валом, розташований усередині валу ротора електродвигуна фірми DAMEL. У двигун також вбудований механізм вимкнення різальної частини.

Матеріал зубчастих коліс зовнішнього зачеплення Сталь 20X2H4AШ, епіциклу планетарного ступеня Сталь 40XH. Маса ріжучої частини із двигуном – 4700 кг.

Від надійності та довговічності ріжучої частини, а саме її зубчастих передач, залежить надійність та довговічність роботи комбайна в цілому. Виходячи з цього, у процесі проєктування, а також надалі, з урахуванням досвіду експлуатації, було виконано великий обсяг розрахунків його основних деталей на міцність та витривалість.

При виготовленні приводів шахтних комбайнів, виникають проблеми технологічного забезпечення якості обробки зубчастих передач та складання редукторів в умовах дрібносерійного виробництва [7-10].

Організаційно-технологічні можливості виробництва. Виробничі потужності, сучасне високопродуктивне обладнання, розвинена випробувальна база дозволяють заводу випускати продукцію високої якості та забезпечувати її надійність та безпеку експлуатації у вугільних, сланцевих шахтах та калійних копальнях. Верстатний парк складає близько 500 одиниць. У виробничих цехах та лабораторіях АТ «ХАРКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД «КОРУМ СВІТЛО ШАХТАРЯ» у достатній кількості є стенди, пристрої та прилади для вимірювань та випробувань при контролі якості виробів. Стенди піддаються переатестації у терміни, передбачені графіками атестації, прилади мають перевірені свідоцтва. Металофізичні та металографічні дослідження, хімічні аналізи та дослідження, а також механічні випробування виконуються лабораторією СШ Департаменту управління якістю та невідповідностями.

З використанням методів імітаційного моделювання удосконалено організаційно-технологічну структуру та проведена необхідна модернізація виробництва на основі рекомендацій з впровадження сучасних методів отримання заготовок та механічної обробки, нового ефективного технологічного обладнання, що у сукупності дозволило забезпечити гарантовано стабільну якість в умовах дрібносерійного виробництва, високу продуктивність та зниження трудомісткості виготовлення.

В заготівельному виробництві для відливки великогабаритних конструкцій було впроваджено нову ділянку холоднотвердіючих сумішей, в якій міститься формувальна лінія «Омега» з вибивним комплексом GAMMA 9LL (Великобританія) та ділянка регенерації, індукційно-плавильний комплекс INDEMAX (Туреччина). Це дозволило суттєво зменшити металомісткість виробів, забезпечити стабільну якість та створити безвідходну технологію яка виключає відходи допоміжних матеріалів. На рис.4 показано заготовки, які отримані за новою технологією.



Рис. 4 – Заготовки корпусних деталей комбайну

В механоскладальному виробництві при виготовленні вузлів комбайну було проведено модернізацію та переоснащення шляхом впровадження сучасних верстатів з ЧПК TOS Varndorf (Чехія) та DOOSAN DBC160 (Південна Корея). Це дозволило підвистити продуктивність обробки, забезпечити якість, технологічну гнучкість та стабільність отримання результату. На рис.5 показано обробку корпусу різання комбайну на верстаті з ЧПК TOS Varndorf.

Для обробки зубчастих коліс впроваджено інноваційні технології з використанням прогресивного металорізального інструменту. Розроблені новітні технології профільного шліфування зубчастих коліс з використанням високопористого шліфувального алмазно-абразивного інструменту (рис.6) та технології його правки алмазними правлячими роликками. Така технологія реалізована шляхом впровадження сучасних верстатів HOFLEER RAPID 1250 (Німеччина) та дозволяє порівняно з іншими методами обробки суттєво

підвищити зносостійкість, знизити коефіцієнт тертя, підвищити точність обробки та знизити висотні параметри шорсткості зубчастих коліс і, тим самим, підвищити надійність і ресурс зубчастих передач.



Рис. 5 – Обробка корпусу різання на верстаті з ЧПК TOS Varndorf

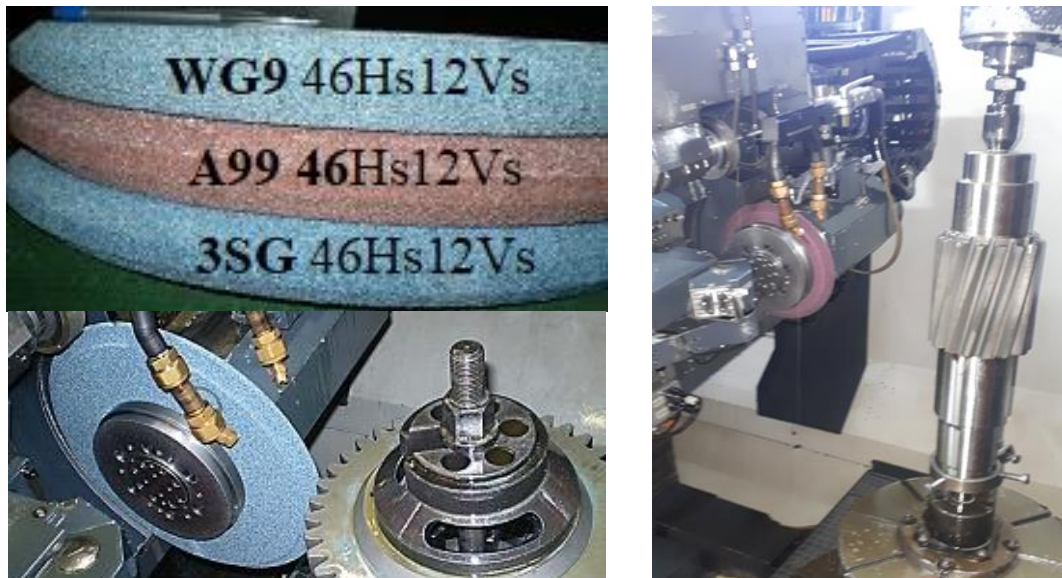


Рис. 6 – Високопористі шліфувальні інструменти з монокристалічних абразивних матеріалів та зубшліфування кругом з рубин-корунду



Рис.7 – Деталі складального комплексу та результат складання

Оскільки від надійності та довговічності ріжучої частини комбайну залежить надійність та довговічність роботи комбайна в цілому виготовлення всіх деталей та складання вузлів повинно виконуватись з високою точністю. На рис.7 наведені деталі складального комплексу та результат складання.

Для контролю деталей при їх виготовленні використовуються як стандартні, так і спеціальні вимірювальні прилади та інструменти. Для підвищення якості продукції та підвищення ефективності виробництва впроваджено контроль деталей на 3-х координатній вимірювальній машині GLOBAL12.22.10 італійсько-швейцарського виробництва (рис.8).



Рис. 8 – Контроль деталей на вимірювальній машині GLOBAL12.22.10

Забезпечення малошумності редукторів комбайну. Сучасні промислові редуктори є ключовими компонентами механічних систем передачі потужності, але їхня робота неминуче супроводжується генерацією шуму та вібрації. Ці фактори суттєво впливають на експлуатаційні характеристики обладнання, комфорт роботи персоналу та дотримання екологічних норм [11, 12]. Надмірний шум вказує на тертя, неспіввісність або зношування, які можуть скоротити термін служби редукторів. Тривалий вплив сильного шуму також створює некомфортне та небезпечне робоче середовище.

Згідно з останніми дослідженнями, основними джерелами шуму та вібрації в редукторах є вали, зубчасті колеса та підшипники. Згідно з AGMA 10FTM10-2010, міжнародним стандартом оцінки шуму зубчастих передач, навіть мікроскопічні дефекти в конструкції зубчастих передач можуть викликати вимірні рівні шуму. Генерація шуму в редукторах відбувається за складним механізмом, що включає кілька взаємозалежних процесів. Редуктор має змінну жорсткість зачеплення, що викликає вібрації. Ці вібрації передаються на корпус редуктора, який випромінює акустичну енергію в навколишнє середовище.

Зубчасті передачі є одним з найбільш поширених елементів механічних приводів, що забезпечують передачу обертального руху та зміну моменту, що крутить. Однак за всіх своїх переваг, вони стають джерелом значного шуму та вібрації, що може негативно позначатися на роботі обладнання, умовах праці та довговічності механізмів.

Виходячи з кінематичних та конструктивних особливостей ріжучої частини комбайну, враховуючи ключову вимогу — максимальну компактність (вписуваність комбайна при видобутку вугілля на тонких пластах з неспокійною гіпсометрією) та ремонтпридатність, виникає об'єктивна необхідність використання прямозубих зубчастих передач редукторів. Прямозубі шестерні відносно прості у виготовленні і можуть витримувати високі навантаження по моменту, що крутить. Однак прямозубі шестерні мають деякі недоліки. Вони схильні до шумності та можуть виробляти значні вібрації. Основні джерела шуму в зубчастих передачах поділяються на категорії. Кінематичні причини - пов'язані з геометрією зубів та похибками виготовлення (помилки кроку зачеплення, похибки профілю зубів, ексцентриситет зубчастих коліс, відхилення від паралельності осей) Динамічні причини - обумовлені змінними навантаженнями (ударна взаємодія зубів при вході в зачеплення, змінна жорсткість зачеплення, резонансні явища, деформації валів та опор).

Зрозуміло, що шлях нівелювання вказаних недоліків при використанні прямозубих зубчастих передач традиційний — забезпечення плавності ходу за рахунок підвищення точності та якості виготовлення зубчастих передач і складання редукторів. Крім того є необхідність розглядання деяких зв'язних та інноваційних підходів до створення ефективних зубчастих передач, які в комплексі можуть дати синергетичний ефект.

Добре відомі основні засоби боротьби з шумом: перехід на косозубі шестерні, застосування бочкоподібного зуба, збільшення коефіцієнта перекриття, вирівнювання навантажень уздовж ширини зубчастого вінця, удосконалення зубообробних операцій, покращення конфігурацій кришок і корпусних частин.

Виходячи з конструктивних методів зниження шуму, які ґрунтуються на оптимізації геометрії зубчастих коліс та параметрів зачеплення (модифікація профілю зубів, оптимізація коефіцієнта перекриття, асиметричні профілі зубів, вибір оптимального числа зубів та модуля, тощо) можна запропонувати наступне.

З метою зменшення ударних сил при вході зубів в зачеплення та виході з нього може застосовуватися профільна модифікація головки зуба (фланкування). Фланкування зменшує ударні сили, пов'язані з деформацією зубів та похибками основного кроку. Фланкування полягає в навмисному відхиленні профілю зубців від теоретичної форми для зменшення динамічних навантажень, викликаних похибками основного кроку та пружною деформацією зубців. Метою фланкування є не зміна геометрії зачеплення, а покращення реального процесу зачеплення.

Застосування коліс із фланкованими зубцями значно покращує плавність роботи передачі, забезпечуючи більш плавний вхід зубців у зачеплення та вихід з нього. Фланкування також сприяє утворенню масляної клини між взаємодіючими зубцями, що разом із пружною деформацією зубців знижує відносні прискорення коліс, динамічні навантаження та шум у передачі. Глибина фланкування визначається з урахуванням навантаження зубчастих коліс, їхніх матеріалів, термічної обробки та точності виготовлення. Глибина фланкування повинна забезпечити відсутність кромкового удару, тобто усунути участь у роботі кромки зубів, що входять і виходять із зачеплення. Відсутність кромкового зачеплення забезпечується, якщо глибина фланкування не менша за алгебраїчну суму похибок зачеплення та значення пружних деформацій зубців попередньої пари в момент вступу в зачеплення наступної пари.

Завдяки фланкуванню похибки основного кроку переводяться у похибки профілю, час дії яких значно більший. Цим самим зменшуються відносні прискорення, динамічні навантаження, вібрації та шум зубчастої передачі — підвищується плавність роботи. Фланкування виключає можливість дії повної окружної сили на головку зуба — зміщення точки прикладання зусилля вниз (зменшення плеча вигину) відповідно полегшує умови роботи зуба.

Раніш вважалось, що фланкування можна здійснити будь-яким способом обробки зубів, але найефективніше воно тоді, коли фланкування виконується під час фінішних операцій, оскільки викривлення профілю та кроків при операціях, що слідує за зубонарізанням, значною мірою ліквідують ефект фланкування. Крім того, була потреба у виготовленні дорогого зуборізного інструменту. Сучасні технологічні можливості переходу від зубофрезерування на електроерозійну обробку будь-яких профілів зубів ці обмеження та недоліки нівелюють.

Для виготовлення зубчастих коліс зовнішнього зачеплення редуктору очисного вугільного комбайну використовується сталь 20X2H4A — це високоякісна легована конструкційна сталь, яка належить до групи нікелевих хромомолібденових сталей. Вона поєднує високу міцність, ударну в'язкість, зносостійкість і термостійкість, що робить її незамінною для виготовлення відповідальних вузлів і деталей, які працюють у складних умовах інтенсивного навантаження. Завдяки своїм унікальним характеристикам, сталь 20X2H4A широко використовується у виробництві високоміцних шестерень, валів, осей, шпинделів, які зазнають динамічних і ударних навантажень.

Високотверді матеріали погано приробляються, тому вони потребують підвищеної точності виготовлення, підвищеної жорсткості валів і опор, само для них бажано фланкування зубів прямозубих коліс. Для забезпечення рівномірності приробітку зубчастих коліс та покращення експлуатаційних характеристик зубчастих передач можна використати рекомендації патенту [2]. В ньому запропонований спосіб забезпечення контактування кожного зуба ведучої шестерні з кожним зубом веденого колеса в певній послідовності.

Застосування запропонованого в патенті алгоритму розрахунку підвищення зносостійкості, довговічності та покращення плавності роботи за рахунок створення і прогнозування певних передавальних чисел, які визначають некратність зачеплення та забезпечують роботу зубів ведучого зубчастого колеса з усіма зубами веденого зубчастого колеса, може дозволити прискорити рівномірне прироблення зчеплених зубчастих коліс, виправити дефекти при виготовленні та збиранні зубчастих передач, зменшити вібрації на 20%, шум на 15%, підвищити плавність роботи зубчастих передач на 20%, стабілізувати та усунути можливість заїдань при великих швидкостях ковзання, підвищити зносостійкість на 50%, значно зменшити можливість утворення мікро-пітінгу.

Виникає актуальне науково-практичне завдання виготовлення та дослідження зубчастих передач з профільною модифікацією головки зуба (фланкуванням) з некратністю зачеплення як елементної бази створення та модернізації редукторів ріжучої частини очисних комбайнів. Вразі отримання позитивного ефекту від випробування подібних передач (зменшення вібрацій, шуму, підвищення плавності роботи) можливе удосконалення технологічних процесів виготовлення таких зубчастих передач та складання редукторів, що в перспективі може дати переваги у подальшому забезпеченні ефективності та конкурентоспроможності очисних вугільних комбайнів нового покоління.

Висновки. На основі системного аналізу особливостей видобутку вугілля, технічних вимог до створення відповідальних вузлів, що забезпечують ефективність роботи очисних вугільних комбайнів нового покоління, організаційно-технологічних можливостей заводу розглянуто та впроваджено технологічні новації, які забезпечують якість та ефективність виготовлення відповідальних вузлів. Заплановано шляхи нівелювання недоліків при використанні прямозубих зубчастих передач редукторів різання за рахунок профільної модифікації головки зуба (фланкування) з некратністю зачеплення, що може привести до зменшення вібрацій, шуму, підвищення плавності їхньої роботи. Можливості сучасних технологічних методів формоутворення зубчастих коліс у сукупності зі звісними та інноваційними підходами до створення ефективних зубчастих передач в комплексі дадуть синергетичний ефект, який забезпечить подальший розвиток приводів, ефективні та високі конкурентоспроможні показники вугільних комбайнів нового покоління.

Список літератури:

1. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А — К. — 640 с. — ISBN 966-7804-14-3.
2. Декларативний пат. на корисну модель u 2018 02191 UA, МПК F16H 5i9/04 (2016.01). Спосіб забезпечення контактування зубів ведучої шестерні з зубами веденого колеса /В.Д.Ковальов, О.О.Клочко, Д.О.Кравченко, О.М.Шелковий, О.А.Пермяков, М.І.Гасанов, А.О.Скоркін, О.Л.Кондратюк. — 4 с. : ил
3. Пат. на корисну модель 104899 UA, МПК G01M 13/02, F16H 57/01. Стенд для випробування коробок передач /Б.В.Долішній, М.Й.Бурда, О.О.Клочко, Є.В.Остапович. — № u2015 07938; заявл. 10.08.15; опубл. 25.02.16, Бюл.№4. — 4с. : ил.
4. Duplex Scheme of the Technological Impact of the Provision of Operational Properties of a Hardened Large Module Gears /Magomed Hasanov, Alexander Klochko, Vadim Horoshaylo, Borys Vorontsov, Anton Ryazantsev // Int. J. of Integrated Engineering Vol. 14 No. 6 (2022) p. 55-62, <http://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie>, ISSN : 2229-838X e-ISSN : 2600-7916 (Skopus).
5. Scientific Basis for the Substantiation of Process Regulations for the Micro-Cutting of Hardened Gears / Klochko A., Basova Y., Gasanov M., Zakovorotny A., Fedorenko V., Myronenko O., Vorontsov B., Ryazantsev A., Protasov R. //Journal of Mechanical Engineering - Strojnický casopis. - 2023. - Volume 73.- No. 2. — P. 83 – 92. ISSN: 2450-5471 DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2023-0023>
6. Створення та освоєння серійного виробництва очисних комбайнів нового покоління для гірничодобувної промисловості. України /О.М.Ковальчук, Р.А. Бережний, О.О. Клочко, В.В. Нежебовський, О.А. Пермяков, С.В. Рябченко, О.В. Устиненко //Промисловість в фокусі: Інформаційно-аналітичний Міжнародний технічний журнал. — Харків: Грудень №12(108) 2021- С. 40-44.
7. Обработка зубчатых колес редукторов угледобывающих комбайнов /О.М.Ковальчук, В.М.Дергоусов, В.В.Нежебовський, О.А.Пермяков, О.О.Клочко, С.В. ябченко, Г.В.Серета //Оборудование и инструмент для

професіоналов: *Международный информационно-технический журнал*. – Харьков: ИИД «ЦентрИнформ», 2021, № 5(238), - С. 38-39.

8. Системи параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих зубчастих коліс очисного комбайну УКД200-500 нового покоління /Нежебовський В.В., Бережний Р.А., Пермяков О.А., Клочко О.О., Рябченко С.В., Устиненко О.В. //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – № 2 (6) 2022. – С. 7–15. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.2(6).02.

9. Способи підвищення зносостійкості зубчастих циліндричних передач з обліком некротного зубчатого зачеплення /Клочко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Пермяков Є.О., Антоненко Я.С., Мироненко О.Є. //Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XXI Міжнародної науково-технічної конференції 20 – 22 червня 2023 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2023. – С. 54–55. ISBN 978-617-7889-45-7.

10. Про технологічне забезпечення виготовлення зубчастих передач редукторів вугільних комбайнів в умовах дрібносерійного виробництва /Дергоусов В.М., Нежебовський В.В., Клочко О.О., Пермяков О.А. //Нові та нетрадиційні технології в ресурсо - та енергозбереженні: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 6-7 грудня 2023 р., м. Одеса. – Одеса: 2023. – С. 91 –92.

11. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки.

12. ДСТУ ГОСТ 23941:2004 Шум машин. Методи визначання шумових характеристик. Загальні вимоги.

References (transliterated):

1. Mala hirnycha entsyklopediia: u 3 t. / za red. V. S. Biletskoho. — D. : Donbas, 2004. — Т. 1 : А — К. — 640 s. — ISBN 966-7804-14-3.

2. Deklaratyvnyi pat. na korynsnu model u 2018 02191 UA, MPK F16H 5i9/04 (2016.01). Sposib zabezpechennia kontaktuvannia zubiv veduchoi shesterni z zubamy vedenoho kola /V.D.Kovalov, O.O.Klochko, D.O.Kravchenko, O.M.Shelkovyi, O.A.Permiakov, M.I.Hasanov, A.O.Skorin, O.L.Kondratiuk. – 4 s. : yl

3. Pat. na korynsnu model 104899 UA, MPK G01M 13/02, F16H 57/01. Stend dlia vyprovovuvannia korobok peredach /B.V.Dolishnyi, M.I.Burda, O.O.Klochko, Ye.V.Ostapovych. – № u2015 07938; zaiavl. 10.08.15; opubl. 25.02.16, Biul.№4. – 4s. : yl.

4. Duplex Scheme of the Technological Impact of the Provision of Operational Properties of a Hardened Large Module Gears /Magomed Hasanov, Alexander Klochko, Vadim Horoshaylo, Borys Vorontsov, Anton Ryazantsev // Int. J. of Integrated Engineering Vol. 14 No. 6 (2022) p. 55-62, <http://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie>, ISSN : 2229-838X e-ISSN : 2600-7916 (Skopus).

5. Scientific Basis for the Substantiation of Process Regulations for the Micro-Cutting of Hardened Gears / Klochko A., Basova Y., Gasanov M., Zakovorotny A., Fedorenko V., Myronenko O., Vorontsov B., Ryazantsev A., Protasov R. //Journal of Mechanical Engineering - Strojnický casopis. - 2023. - Volume 73.- No. 2. – P. 83 – 92. ISSN: 2450-5471 DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2023-0023>

6. Stvorennia ta osvoinnna seriinoho vyrobnytstva ochysnykh kombainiv novoho pokolinnia dlia hirnychodobuvnoi promyslovosti. Ukrainy /O.M.Kovalchuk, R.A. Berezhnyi, O.O. Klochko, V.V. Nezhebovskiyi, O.A. Permiakov, S.V. Riabchenko, O.V. Ustynenko //Promyslovist v fokusi: Informatsiino-analitychnyi Mizhnarodnyi tekhnichnyi zhurnal. – Kharkiv: Hruden №12(108) 2021- S. 40-44.

7. Obrobka zubchastykh kolis reduktoriv vuhledobuvnykh kombainiv /O.M.Kovalchuk, V.M.Derhousov, V.V.Nezhebovskiyi, O.A.Permiakov, O.O.Klochko, S.V. yabchenko, H.V.Sereda //Oborudovanye y ynstrument dlia professyonalov: Mezhdunarodnyi ynformatsyonno-tekhnicheskyy zhurnal. – Kharkov: YYD «TsentrYnform», 2021, № 5(238), - S. 38-39.

8. Systemy parametriv stanu robochykh poverkhon i tochnosti rozmiriv tsylindrychnykh zahartovanykh zubchastykh kolis ochysnoho kombainu UKD200-500 novoho pokolinnia /Nezhebovskiyi V.V., Berezhnyi R.A., Permiakov O.A., Klochko O.O., Riabchenko S.V., Ustynenko O.V. //Visnyk Natsionalnogo tekhnichnoho universytetu «KhPI». Serii: Tekhnolohii v mashynobuduvanni. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2022. – № 2 (6) 2022. – С. 7–15. – ISSN 2079-004Kh, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.2(6).02.

9. Sposity pidvyshchennia znosostiikosti zubchastykh tsylindrychnykh peredach z oblikom nekratnoho zubchatoho zacheplennia /Klochko O.O., Kamchatna-Stepanova K.V., Permiakov Ye.O., Antonenko Ya.S., Myronenko O.Ie. //Vazhke mashynobuduvannia. Problemy ta perspektyvy rozvytku. Materialy XXI Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii 20 – 22 chervnia 2023 roku / za zah. red. V. D. Kovalova. — Kramatorsk-Ternopil: DDMA, 2023. – S. 54–55. ISBN 978-617-7889-45-7.

10. Pro tekhnolohichne zabezpechennia vyhotovlennia zubchastykh peredach reduktoriv vuhilnykh kombainiv v umovakh dribnoseriinoho vyrobnytstva /Derhousov V.M., Nezhebovskiyi V.V., Klochko O.O., Permiakov O.A. //Novi ta netradytiini tekhnolohii v resurso - ta enerhozberezhenni: Materialy mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii, 6-7 hrudnia 2023 r., m. Odesa. – Odesa: 2023. – S. 91 –92.

11. HOST 12.1.003-83. SSBT. Shum. Zahalni vymohy bezpeky.

12. DSTU HOST 23941:2004 Shum mashyn. Metody vyznachannia shumovykh kharakterystyk. Zahalni vymohy.

Надійшла (received) 10.10.2025

Відомості про авторів / About the Authors

Дергоусов Вадим Миколайович (Vadim Dergousov) – Генеральний директор АТ «ХАРКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД «КОРУМ СВІТЛО ШАХТАРЯ», м.Харків; e-mail: svet@shaht.kharkov.ua. ORCID: 0000-0002-0199-6589.

Пермяков Олександр Анатолійович (Oleksandr Permyakov) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати" Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м.Харків; e-mail: perm_a@i.ua, ORCID: 0000-0002-9589-0194.