

**НЕЖЕБОВСЬКИЙ В.В., БЕРЕЖНИЙ Р.А., ПЕРМЯКОВ О.А., КЛОЧКО О.О., РЯБЧЕНКО С.В., УСТИНЕНКО О.В.**

## **СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ І ТОЧНОСТІ РОЗМІРІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГАРТОВАНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ОЧИСНОГО КОМБАЙНУ УКД200-500 НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

**Анотація.** Розглянуто рішення задачі вибору і призначення системи параметрів поверхневого шару циліндрових крупномодульних зубчастих коліс, що визначають їх експлуатаційні властивості на основі аналізу їх функціонального призначення і умов експлуатації очисного комбайну УКД200-500 нового покоління. При проектуванні важких редукторів очисних комбайнів УКД200-500 необхідно забезпечити експлуатаційні властивості циліндричних крупномодульних зубчастих коліс (втомна міцність, зносостійкість, контактна жорсткість, надійність і точність роботи вузла і виробу в цілому). Це пов'язано з тим, що залежно від необхідних експлуатаційних властивостей повинні здійснюватися вибір матеріалів циліндричних зубчастих коліс, призначення точності розмірів і параметрів стану їх поверхневого шару. При цьому необхідно керуватися відповідними залежностями і рекомендаціями, отриманими в результаті теоретичних і експериментальних досліджень. Шумові характеристики високошвидкісних важелонагружених циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс в передачах визначається погіршенням профілю зуба.

**Ключові слова :** Системи параметрів, поверхневий шар, крупномодульні зубчасті колеса, очисні комбайни УКД200-500, ріжучі частини

**NEZHEBOVSKY V.V., BEREZHNYI R.A., PERMYAKOV O.A., KLOCHKO O.O., RYABCHENKO S.V., USTINENKO O.V.**  
**SYSTEMS OF THE PARAMETERS OF THE CONDITION OF THE WORKING SURFACES AND DIMENSIONS ACCURACY OF THE CYLINDRICAL HARDENED GEAR WHEELS OF THE CLEANING COMBINED UKD200-500 OF THE NEW GENERATION**

**Annotation.** The issues of efficiency improvement in hydrodynamic (liquid) or limit (semi-liquid) modes of friction of gears with an asymmetric profile and the effect of the liquid on tooth damage, power loss and temperature in contact, as well as the role of an elastic medium that dampens shocks and changes contact lines, are considered. In many gears, the tooth load per tooth is much higher and applied for longer periods of time. The asymmetrical shape of the tooth reflects this functional difference. In the case of asymmetric gears, the standard symmetrical toothed tool rail is modified by changing the pressure angle of one of the side surfaces. However, this simplistic approach to the design of an asymmetric transmission significantly limits the ability to maximize the performance of a wide range of possible applications of these transmissions. As the frequency of impact interactions increases, the lubricating layer of high-speed gears with an asymmetric profile ceases to respond to pressure changes, and the load value, which determines the smallest layer thickness over time, approaches the minimum stationary component of the spectrum of dynamic loads. At the same time, noise and vibration levels are slightly reduced. Therefore, in the calculations of the strength, contact endurance and seizure of high-speed gears with an asymmetric profile, the complex influence of the criterion parameters of the lubricant must be taken into account not only when determining the allowable stresses, but also when determining the amount of dynamic load amplification due to the impact interaction of the teeth.

**Keywords:** gears, asymmetric profile, power, lubricating layer, load, layer thickness, noise and vibration levels, complex influence of criterion parameters.

**Вступ.** Рішення задачі вибору і призначення системи параметрів поверхневого шару циліндричних крупномодульних зубчастих коліс очисного комбайну УКД200-500 нового покоління (Рис. 1), що визначають їх експлуатаційні властивості повинно базуватися на ретельному аналізі функціонального призначення того або іншого вузла виробу і умов його роботи.

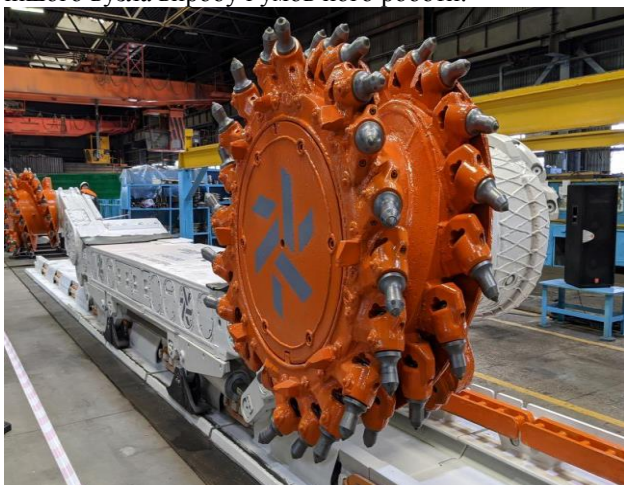


Рис. 1 - Комбайн очисний УКД200-500

**Мета роботи.** При проектуванні важких редукторів очисних комбайнів УКД200-500 необхідно забезпечити експлуатаційні властивості циліндричних крупномодульних зубчастих коліс (втомна міцність, зносостійкість, контактна жорсткість, надійність і точність роботи вузла і виробу в цілому).

© В.В. Нежебовський, Р.А. Бережний, О.А. Пермяков, О.О. Клочко, С.В. Рябченко, О.В. Устиненко, 2022

Це пов'язано з тим, що залежно від необхідних експлуатаційних властивостей повинні здійснюватися вибір матеріалів циліндричних зубчастих коліс, призначення точності розмірів і параметрів стану їх поверхневого шару. При цьому необхідно керуватися відповідними залежностями і рекомендаціями, отриманими в результаті теоретичних і експериментальних досліджень.

Так, при необхідності забезпечення необхідних значень контактної жорсткості, коефіцієнта тертя, зносостійкості, межі витривалості можна користуватися залежностями, приведеними в [1, 6, 8, 11]

**Основна частина.** Параметри стану робочих поверхонь і точність розмірів необхідно призначати з урахуванням їх функціонування на «робочих осях» (швидкості відносного ковзання, реверсивності зубчастої передачі, умов навантаження, наявності мастила, температурні умови експлуатації і тому подібне). Зазвичай проєктований вузол зубчастих передач привідних ріжучої частини 1 (Рис. 2) повинен задовольняти декільком експлуатаційним показникам [1, 2, 3, 4, 8].

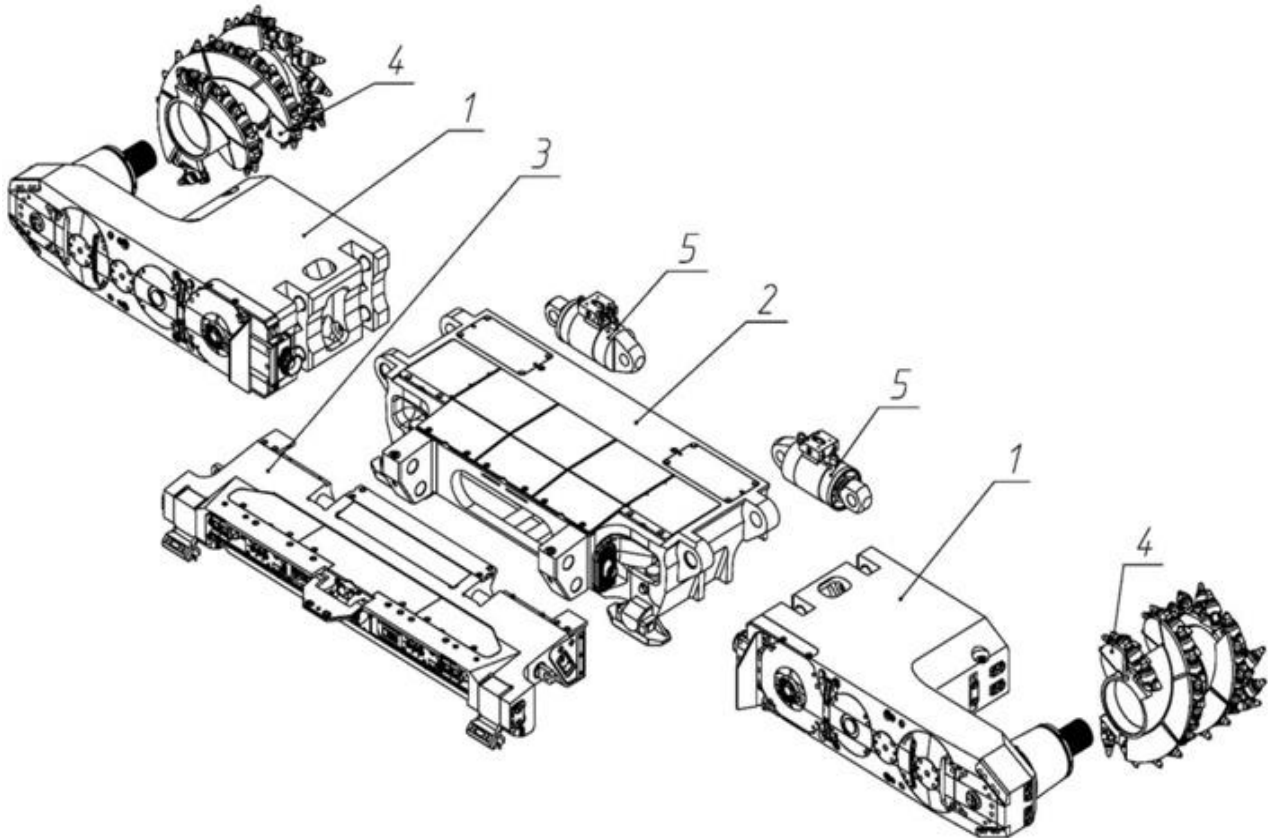


Рис. 2 – Компонівка очисного комбайна УКД200-500

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. Ріжуча частина є триступінчастим редуктором з електродвигуном. Кожен ступінь редуктора розташований в окремій герметичній камері, захищеній від проникнення абразивних частинок.

У кожній камері є масляна ванна для змащування підшипників та зубчастих передач. Контроль рівня мастильного матеріалу в масляних камерах проводиться за індикаторами рівня мастила, розташованим із завальної сторони редуктора [5, 7, 11].

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 шліцевого валу, що виключає аварійний вихід з ладу елементів редукторної групи. Згладжування динамічних пікових навантажень здійснюється торсіонним валом, розташованим усередині валу ротора електродвигуна фірми DAMEL. У двигун також вбудований механізм вимкнення різальної частини.

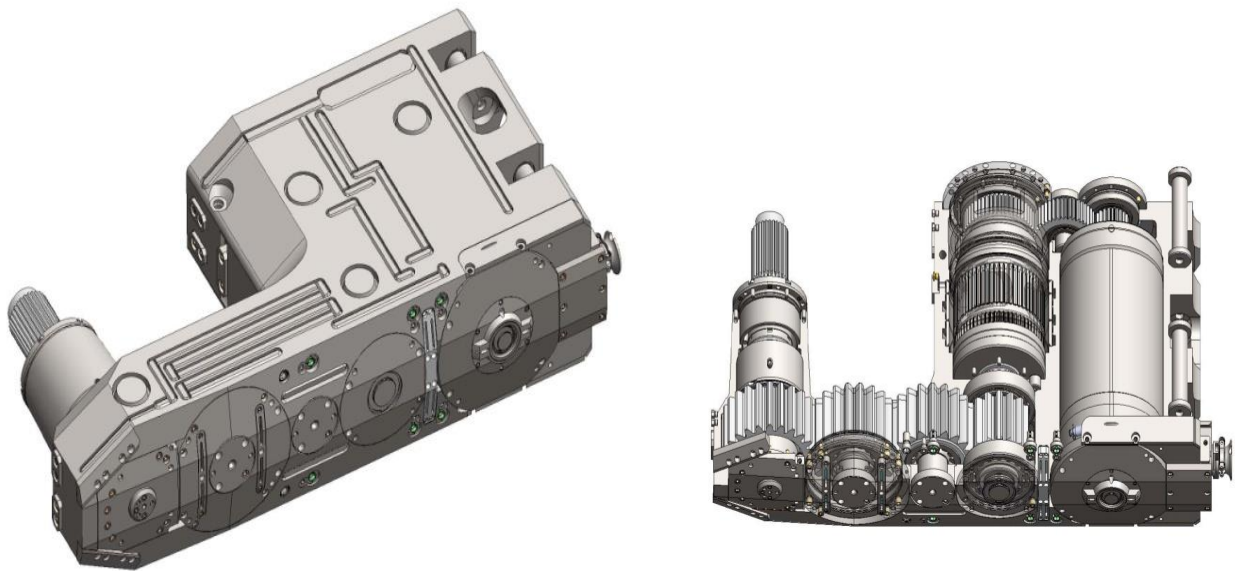


Рис. 3 – Ріжуча частина очисного комбайна УКД200-500

Для забезпечення плавності зубчастих передач необхідно отримати граничні відхилення кроку зачеплення (Рис. 4) відповідно до вимог ГОСТ1643-81.

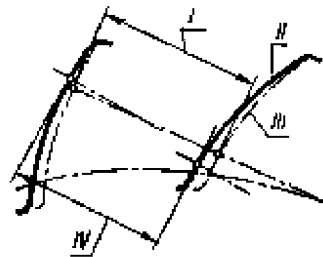


Рис. 4 – Граничні відхилення кроку зачеплення

Верхнє відхилення -  $+f_{pb}$ ; Нижнє відхилення -  $-f_{pb}$ ; I - номінальний крок зачеплення; II - дійсний профіль зуба; III - номінальний профіль зуба; IV - дійсний номінальний крок

Шумові характеристики високошвидкісних важконагружених циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс [1, 4, 5, 11]. в передачах визначається погрішністю профілю зуба (Рис. 5).



Рис. 5 – Погрішність профілю зуба

I - дійсний торцевий профіль зуба; II - номінальні торцеві профілі зуба; III - основа коло; IV - межі активного профілю зуба

Параметри ізносостійкості зубчастих передач, довговічності забезпечуються параметрами відхилення допуску на напрями зуба  $F_{\beta}$  (Рис. 6).

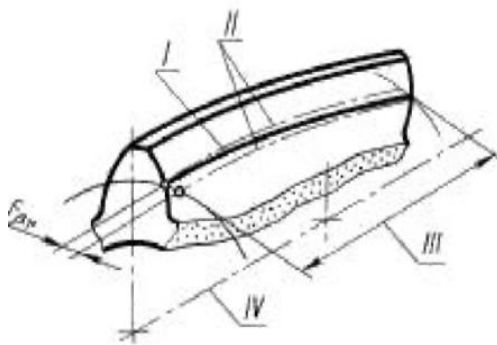


Рис. 6 – Погрішність профілю зуба  $F_\beta$

I - дійсна ділильна лінія зуба; II - номінальна ділильна лінія зуба; III - ширина зубчастого вінця; IV - робоча вісь зубчастого колеса

З вищевикладеного виходить, що при рішенні задачі раціонального призначення системи параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс необхідно зробити значне число обчислень по відповідних теоретичних або експериментальних залежностях за допомогою розрахункових керівників програм, що дозволить забезпечити точність результатів розрахунку.

Структурна схема рішення задачі показана на Рис. 7. На основі спільного аналізу умов нормальної експлуатації (блок 1) і технічних умов на виготовлення циліндричних зубчастих коліс (блок 2) здійснюється визначення необхідних експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс і допустимих меж їх зміни (блок 3). Наприклад, якщо сумарне зближення поверхонь, що сполучаються, під навантаженням при тертіковзанні за увесь термін їх служби не повинне перевищувати 16 - 20 мкм, а величина контактного зближення поверхонь під навантаженням за рахунок пластичних і пружних деформацій їх поверхневих шарів складає 5 - 6 мкм, то це означає, що знос циліндричних зубчастих коліс, що сполучаються, за увесь термін їх служби не повинен перевищувати 10 - 14 мкм. Знаючи термін служби очисного комбайна УКД200-500 та рахунок фактичного часу роботи

Ріжучої частини 1 (Рис. 2) за увесь термін служби  $T$ , визначається допустима інтенсивність зношування з'єднання  $J = (10 \dots 14) / T$ , мкм/с [1, 4, 5].

Таким чином визначаються експлуатаційні властивості циліндричних зубчастих коліс ріжучої частини очисного комбайна УКД200-500 і допустимі межі їх зміни, лімітуючі надійність роботи силових елементів редукторної групи 15000 годин; можливість застосування винесеної системи подачі з тяговим зусиллям 300 кН; ріжучі частини комбайна обладнані індикаторами рівня мастила, розташовані із завального боку; застосована вдосконалена система заправки комбайна мастильними матеріалами, що виключає попадання в редуктори абразивних частинок. Перехід від блоків 1 і 2 до блоку 3 є неформалізованим, т. е. він не піддається алгоритмізації. Це означає, що на цьому етапі проектування дуже важливими чинниками є наявні статистичні дані по експлуатації прототипів проєктованих вузлів зубчастих передач ріжучої частини очисного комбайна УКД200-500.

Після того, як визначені необхідні експлуатаційні властивості проєктованих циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс і допустимі межі їх зміни, здійснюється пошук відповідних теоретичних або експериментальних залежностей, які характеризують кількісну сторону взаємозв'язку між цими експлуатаційними властивостями, фізико-механичними властивостями матеріалів контактуючих циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, параметрами стану поверхні і умовами функціонування (блок 4).

У блоці 5 здійснюється вибір матеріалу циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс за фізико-механичними властивостями, розрахунок точності розмірів і параметрів стану робочих поверхонь циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості в допустимих межах їх зміни, т. е. підбираються значення аргументу, що задовольняють заданій функції. Рішення цієї задачі ускладнюється тією обставиною, що на аргумент накладаються обмеження, оскільки фізико-механичні властивості матеріалів, параметри стану реальних поверхонь і точність розмірів не можуть змінюватися в нескінченних межах. Тому у ряді випадків спільне забезпечення декількох експлуатаційних властивостей може виявитися неможливим. При цьому необхідно вибрати найбільш важливі з них або розширити допустимі межі їх зміни і повторити розрахунок.

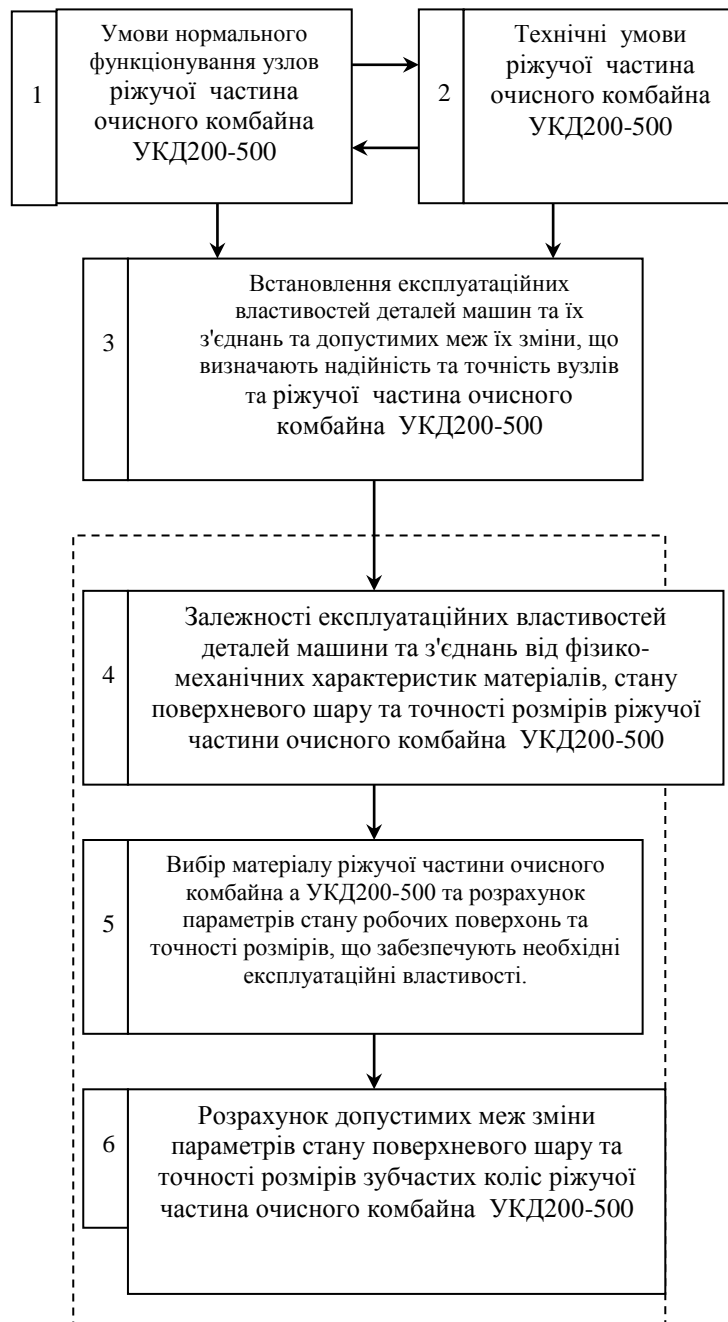


Рис. 7– Структурна схема завдання конструктора при проектуванні ріжучої частина очисного комбайна УКД200-500

Необхідно відмітити, що чим ширше допустимі межі зміни експлуатаційних властивостей, тим легше вирішити завдання за визначенням необхідного матеріалу, точність розмірів і параметрів стану робочих поверхонь циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс [1, 4, 5, 11]. Вичислені параметри стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс повинні знаходитися в діапазоні технологічних можливостей, т. е. додатково накладаються технічні обмеження;

$$\left. \begin{aligned} R_{min} \leq Ra \leq R_{max} \\ W_{zmin} \leq W_z \leq W_{zmax} \\ k_{min} \leq k \leq k_{max} \\ \rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Враховуючи це, слід обґрунтовано визначати допустимі межі зміни експлуатаційних властивостей поверхонь і не прагнути до їх штучного звуження.

У блоці 6 здійснюється розрахунок допустимих меж зміни параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс і точності розмірів з урахуванням забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей в заданих межах їх зміни. Таким чином, чим вузьчий визначені допустимі інтервали зміни експлуатаційних властивостей у блоці 3, тим вже виходять розрахункові допустимі межі зміни параметрів поверхневого шару і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс (блок 6).

Отже, рішення задачі, починаючи з блоку 4, є достатньою мірою формалізованим, тобто може бути алгоритмізовано і з успіхом здійснено на ПК. З аналізу отриманих рівнянь для розрахунку експлуатаційних властивостей циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс [1,4] можна визначити вектор постійних параметрів, використовуваних при рішенні задачі і незалежних параметрів, що оптимізуються;

$$\vec{K} = (\delta\delta Y, \Gamma, M, P, \mu, \sigma T) \quad (2)$$

$$\vec{X} = (RRa1, Ra2, \rho1, \rho2, w \square 1, w \square 2, \dots) \quad (3)$$

Система рівнянь чинників контактної взаємодії, технічних обмежень, постійних параметрів, що оптимізуються, є початковою для розробки алгоритму у блоках 5 і 6.

Блок-схема оптимізаційного алгоритму за розрахунком параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс по одній з експлуатаційних властивостей, моменту, що зокрема крутить, приведена на мал. 4. У цьому алгоритмі генерація випадкових значень незалежних змінних робиться з урахуванням обмежень (1). Далі здійснюється розрахунок передаваного моменту, що крутить, а результат розрахунку порівнюється з попереднім значенням; запам'ятовується значення моменту, найбільш близьке до потрібного, а також величини параметрів стану поверхні, при яких воно отримане.

Ця частина алгоритму здійснюється по черзі для кожного навантаження із заданими значеннями передаваних моментів, що крутять. Після визначення оптимальних значень параметрів стану поверхонь (одного або декількох) і передаваних моментів, що крутять, робиться розрахунок допусків на параметри стану поверхневого шару залежно від допусків на передаваний момент, що крутить. Функції блоку 5 можна структурно розмежувати на вибір матеріалів і визначення точності розмірів і параметрів стану поверхневого шару, зв'язавши їх з функціями блоку 6, тобто робити одночасно визначення усіх параметрів поверхні і меж їх зміни [1, 4, 5, 11].

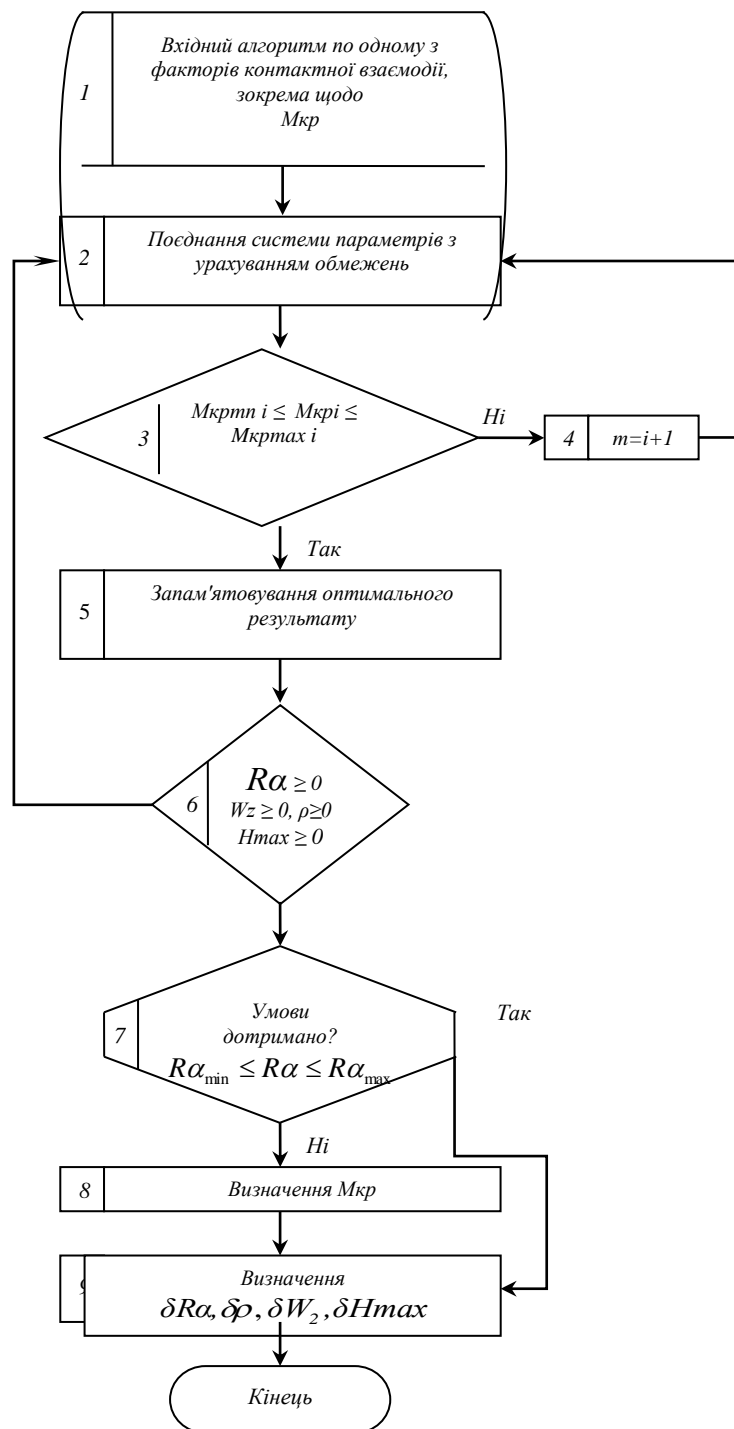


Рис. 8. Блок-схема розрахунку оптимальних параметрів стану контактуючих поверхонь циліндричних крупномодульних зубчастих коліс ріжучої частина очисного комбайна а УКД200-500 з урахуванням системи параметрів, що характеризують стан їх поверхневого шару

**Висновки.** Таким чином визначають надійність і довговічність ріжучої частина очисного комбайна а УКД200-500 по втомній міцності, износоустойчивості, довговічності циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс при використанні комплексних параметрів для оцінки стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, зокрема для зносостійкості.

На цьому завершується рішення задачі по обґрунтованому вибору матеріалів, призначенню параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, що забезпечують задані експлуатаційні властивості, а отже, надійність і точність роботи експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс ріжучої частина очисного комбайна у УКД200-500.

#### Список літератури

1. Технологические особенности обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес [Текст] / Н.В. Кравцов, Ю.В. Тимофеев, А.А.Клочко [и др.]; Науч. Ред.: А.А.Пермяков; ВолГУ – Тольятти: ЗАО «ОНИКС», 2012 – 254 с., ил., табл.; - (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / общ. ред. Ю.М. Соломенцев), ISBN 978-59903090-6-7.
2. Инженерия поверхностей деталей / Колл. авт.; под ред. А.Г. Сулова. М.: «Машиностроение», 2008. – 320 с.
3. Технология производства и методы методы обеспечения качества зубчатых колес и передач / Под общ. ред. В. Е. Старжинского, М. М. Кане. – С-Пб.: Профессия, 2007. – 832 с.
4. Тимофеев Ю.В. Научные предпосылки определения условий формирования величин упроченного слоя при формообразовании крупномодульных зубчатых колес / Ю.В. Тимофеев, А.Н. Шелковой, А.А. Клочко // Вісник Національного технічного університету КПІ: зб. наук. пр. Тематичний випуск: Проблеми механічного приводу. – Київ: НТУ КПІ, 2012. – № 64. – С. 288–293.
5. Имитационное моделирование в задачах машиностроительного производства в 2-х томах, Т. 1: учеб. пособие / А.В. Беловол, А.А. Клочко, Е.В. Набока, А.О. Скоркин, А.Н. Шелковой. под редакцией А.Н. Шелкового // X.: НТУ «ХПИ», 2016. □ 400 с. □ На русском языке. ISBN 978-966-593-749-4.
6. Новиков Ф.В., Ковальчук А.Н., Нежебовский В.В. Определение оптимальных режимов резания при зубошлифовании с учетом ограничения по температуре шлифования. – Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. Ч. 1. - Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. - С. 36-40.
7. Новиков Ф.В. Повышение качества и производительности обработки на операциях зубошлифования зубчатых колес приводов шахтных конвейеров / Ф.В. Новиков, А.Н. Ковальчук, В.В. Нежебовский // Труды 17-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. - Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2011.-С. 3-13.
8. Новиков Ф.В. Технологические обеспечения качества обработки на операциях зубошлифования / Ф.В. Новиков, В.В. Нежебовский // Вестник Харьковского национального технического университета сельскохозяйственного хозяйства iMeHi Петра Василенка. - “Технический сервис АПК, техника та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”. - 2011. - Вип. 118.-С. 21-32.
9. Новиков Ф.В. Определение оптимальных условий механической обработки деталей по температурному критерию / Ф.В. Новиков, И.В. Тершиков, В.В. Нежебовский В.В. // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте : Материалы 13-го Международного научно-технического семинара, 18- 22 февраля 2013 г., г. Свалява. - Киев : АТМ Украины, 2013. - С. 144- 147
10. Новиков Ф.В. Математическая модель визначення шорсткості поверхні при абразивній обробці / Ф.В. Новиков, В.В. Нежебовський, В.Г. Шкурюпш // Вісник НТУ “ХПИ”. Збірник наукових праць. Серія:Математичне моделювання в техніці та технологіях. - X.: НТУ “ХПИ”. - 2013. - № 5 (979). - С. 199-210
11. Новиков Ф.В. Повышение эффективности технологии изготовления зубчатых колес редукторов приводов шахтных конвейеров / Ф.В. Новиков, В.В. Нежебовский, И.В. Тершиков / Труды 18-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. - Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2012. - С. 59-68.

#### References (transliterated)

1. Tekhnologicheskie osobennosti obrabotki krupnomodul'nykh zakalennykh zubchatykh koles [Tekst] / N.V. Kravcov, Yu.V. Timofeev, A.A. Klochko [i dr.]; Nauch. Red.: A.A. Permyakov; VolGTU – Tol'yatti: ZAO «ONIKS», 2012 – 254 s., il., tabl.; - (Seriya: Upravlenie kachestvom tekhnologicheskikh processov v mashinostroenii / obshh. red. Yu.M. Solomenczev), ISBN 978-59903090-6-7.
2. Inzheneriya poverkhnostey detaley / Koll. avt.; pod red. A.G. Suslova. M.: «Mashinostroenie», 2008. – 320 s.
3. Tekhnologiya proizvodstva i metody obespecheniya kachestva zubchatykh koles i peredach / Pod obshh. red. V. E. Starzhinskogo, M. M. Kane. – S-Pb.: Professiya, 2007. – 832 s.
4. Timofeev Yu.V. Nauchny'e predposylki opredeleniya uslovij formirovaniya velichin uprochnennogo sloya pri formoobrazovanii krupnomodul'nykh zubchatykh koles / Yu. V. Timofeev, A. N. Shelkovej, A. A. Klochko //Vi'snik Naczi'onal'nogo tekhnichnogo uni'versitetu KPI: zb. nauk. pr. Tematichnij vipusk: Problemi mekhanichnogo privodu. – Kyiv: NTU KPI, 2012. – # 64. – S. 288–293.
5. Imitacionnoe modelirovanie v zadachakh mashinostroitel'nogo proizvodstva v 2-kh tomakh, T. 1: ucheb. posobie / A.V. Belovol, A.A. Klochko, E.V. Naboka, A.O. Skorkin, A.N. Shelkovej. pod redakciej A.N. Shelkovogo // Kh.: NTU «KhPI», 2016. □ 400 s. □ Na russkom yazy'ke. ISBN 978-966-593-749-4.
6. Novikov F.V., Koval'chuk A.N., Nezhebovskij V.V. Opredelenie optimal'nykh rezhimov rezaniya pri zuboshlifovanii s uchetoм ograniczeniya po temperature shlifovaniya. – Sovremenny'e instrumental'ny'e sistemy, informacziorny'e tekhnologii i innovaczi: materialy VIII Mezhdunar. nauch.-tekh. konf.: v 2 ch. Ch. 1. - Yugo-Zap. gos. un-t. Kursk, 2011. - S. 36-40.
7. Novikov F.V. Povy'shenie kachestva i proizvoditel'nosti obrabotki na operacziyakh zuboshlifovaniya zubchatykh koles privodov shakhtnykh konvejerov / F.V. Novikov, A.N. Koval'chuk, V.V. Nezhebovskij // Trudy 17-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnichejskoj konferenczii. Fizicheskie i komp'yuterny'e tekhnologii. - Khar'kov: KhNPK “FE'D”, 2011.-S. 3-13.
8. Novzhov F.V. Tekhnopolchne zabezpechennya yakosti obrobki na operashhyakh zuboshlfuvannya / F.V. Novshov, V.V. Nezhebovs'kij // Vyunik Kharyuvs'kogo nashhonal'nogo tekshshchnogo ushversitetu ssh's'kogo gospodarstva iMeHi Petra Vasilenka. - “Tekshshchnij servyu APK, tekhnika ta tekhnologii u ssh's'kogospodars'komu mashinobuduvannya”. - 2011. - Vip. 118.-S. 21-32.
9. Novikov F.V. Opredelenie optimal'nykh uslovij mekhanicheskoy obrabotki detaley po temperaturnomu kriteriyu / F.V. Novikov, I.V. Tershnikov, V.V. Nezhebovskij V.V. // Sovremenny'e problemy proizvodstva i remonta v promy'shlennosti i na transporte : Materialy 13-go Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnichejskogo seminar, 18- 22 fevralya 2013 g., g. Svalyava. - Kiev : ATM Ukrainy', 2013. - S. 144- 147
10. Novzhov F.V. Matematichna model' viznachennya shorstkosti poverksh pri abrazivnsh obrobsh / F.V. Novzhov, V.V. Nezhebovs'kij, V.G. Shkurupsh // Visnik NTU “KhSh”. Zbl'mik naukovikh prac'. Seriya:Matematichne modelyuvannya v tekhnncz ta tekhnolopyakh. - X.: NTU “KhSh”. - 2013. - # 5 (979). - S. 199-210
11. Novikov F.V. Povy'shenie e'ffektivnosti tekhnologii izgotovleniya zubchatykh koles reduktorov privodov shakhtnykh konvejerov / F.V. Novikov, V.V. Nezhebovskij, I.V. Gershikov / Trudy 18-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnichejskoj konferenczii. Fizicheskie i komp'yuterny'e tekhnologii. - Khar'kov: KhNPK “FE'D”, 2012. - S. 59-68.

Поступила (received) 11.03.2022.



*Відомості про авторів / About the Authors*

**Нежебовський Володимир Вікторович (Nezhebovs'kyj Volodymyr)** – заступник головного інженера АТ «Харківський машинобудівний завод «Світло шахтаря», к.т.н., м. Харків, Україна;, e-mail: Nezhebovsky.Vladimir@corum.com

**Бережний Роман Анатолійович (Berezhnyi Roman)** - головний конструктор - начальник СКБ АТ «Харківський машинобудівний завод «Світло шахтаря», к.т.н., м. Харків, Україна;, e-mail: berezhnoy.roman@corum.com

**Пермяков Олександр Анатолійович (Permyakov Alexander)**– завідувач кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», д.т.н., проф. м.Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна; [perm\\_a@i.ua](mailto:perm_a@i.ua), \_ORCID: 0000-0002-9589-0194

**Клочко Олександр Олександрович (Klochko Oleksandr)** – доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна; тел.:+38067-936-36-64, e-mail: [ukrstanko21@ukr.net](mailto:ukrstanko21@ukr.net), ORCID: 0000-0003-2841-9455

**Рябченко Сергій Васильович (Riabchenko Serhii)** – старший науковий співробітник, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля нан україни, кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), старший науковий співробітник (Senior Researcher). [s.riabchenko@ukr.net](mailto:s.riabchenko@ukr.net), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4599-9810>

**Устиненко Олександр Віталійович (Ustinenko Oleksandr)** – професор кафедри теорії і систем автоматизованого проектування механізмів и машин Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», к.т.н., с.н.с., [ustin1964@gmail.com](mailto:ustin1964@gmail.com).