

УДК 621.787(063)

І.С. АФТАНАЗІВ, Я.М. КУСИЙ, В.Г. ТОПІЛЬНИЦЬКИЙ

Національний університет “Львівська політехніка”

## АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВИХ ЗМІЦНЮВАЧІВ

© Афтаназів І.С., Кусий Я.М., Топільницький В.Г., 2006

*Подано та охарактеризовано блок-схему автоматизованого розрахунку конструктивних елементів електромагнітних вібраційно-відцентрових зміцнювачів.*

*In this article algorytm of electromagnetic vibratory-centrifugal mechanism's constructive elements automated computation is represented and characterized.*

**Актуальність.** Рівень технології виготовлення виробів, зокрема металевих довгомірних циліндричних деталей (МДЦД), в сучасних умовах розвитку машинобудування визначається ефективним впровадженням прогресивних наукових розробок, що дає змогу забезпечити бажані параметри точності, якості поверхні, покращити експлуатаційні характеристики та підвищити конкурентоспроможність за мінімальної собівартості продукції. Значна номенклатура використовуваних як у загальному машинобудуванні, так і у інших галузях народного господарства металевих довгомірних циліндричних деталей обумовила наявність численних фінішних та викінчувально-зміцнювальних операцій технологічних процесів виготовлення МДЦД. Проведений аналіз фінішних та оздоблювально-викінчувальних технологічних операцій виготовлення МДЦД переконливо свідчить, що найширші технологічні можливості стосовно забезпечення якості поверхневих шарів матеріалу мають методи поверхневого пластичного нагартування вібраційної дії.

**Аналіз досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** У Національному університеті “Львівська політехніка” для оздоблювально-викінчувального оброблення МДЦД розроблений метод вібраційно-відцентрового зміцнення (ВВЗ), який добре зарекомендував себе також при зміцненні поверхневих шарів барабанів та реборд авіаційних коліс, різевих поверхонь, зубчастих коліс тощо [1]. Для поверхневого зміцнення МДЦД, на нашу думку, найефективнішим слід вважати використання вібраційно-відцентрових пристроїв із електромагнітним приводом та налагодженими на дорезонансний режим роботи пружними системами за рахунок компактної та надійної конструкції зміцнювача, забезпечення високого рівня енергії деформування, можливості якісного оброблення важкодоступних внутрішніх поверхонь виробів та одночасного оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь (МДЦД) тощо [2, 3, 4]. Ефективність електромагнітних зміцнювальних пристроїв із пружними системами підтвердили результати промислових випробувань оброблених методом ВВЗ гільз гідроциліндрів і втулок бурових pomp мод. НБ-600, проведених на ЗАТ “Радехівський РМЗ” (м. Радехів Львівської області) та Стрийському управлінні бурових робіт (с. Угерсько Львівської області).

Проте, на жаль, ні в Україні, ні в інших промислово розвинутих країнах світу не налагоджено серійного виробництва вібраційних пристроїв для реалізації оздоблювально-викінчувальних операцій технологічних процесів виготовлення МДЦД, що стримує широке промислове використання прогресивних віброзміцнювальних технологій. Відсутність науково-обґрунтованої методики розрахунку використовуваного обладнання та інструментів ускладнює проектно-конструкторські роботи на стадії технологічної підготовки виробництва та доволі часто обумовлює невиправдані матеріальні затрати.

Як відомо, у життєвому циклі виробу (машини) розрізняють дві основні стадії, а саме: створення машини та її експлуатацію. Стадія створення машини охоплює етапи конструкторської

та технологічної підготовки виробництва та власне виробництво. Стадія експлуатації машини складається з їхнього використання, обслуговування та ремонту. Етапи життєвого циклу виробу пов'язані між собою. Проте особливу увагу під час формування життєвого циклу виробу слід звернути на стадію створення машини, максимально полегшивши рутинну працю конструкторів та технологів, використовуючи ПЕОМ із відповідним програмним забезпеченням.

Етап розроблення конструкції електромагнітних вібраційно-відцентрових зміцнювальних пристроїв із пружними системами включає проектний (попередній) і кінцевий розрахунки. Проектний розрахунок призначений для аналізу та вибору принципових технологічних схем оздоблювально-викінчувальної операції на підставі відправних даних і попередніх розрахунків конструктивних параметрів пристрою й елементів допоміжного спорядження. Остаточний розрахунок полягає у виборі раціональних конструктивних характеристик електромагнітного зміцнювального пристрою і технологічних параметрів процесу ВВЗ на підставі аналізу математичних залежностей для опису процесу оброблення для забезпечення найвищої продуктивності технологічної операції при мінімально можливій енергоємності процесу, матеріаломісткості конструкції та максимально можливому експлуатаційному ресурсу зміцнювального інструменту.

Попередній (проектний) розрахунок електромагнітних зміцнювальних пристроїв вібраційної дії включає розрахунок основних конструктивних параметрів: маси робочих органів – дисків-сепараторів, геометричних розмірів (діаметр і довжини робочих ділянок) елементів пружних систем – торсіонів, жорсткостей робочих ділянок пружних систем, параметри електромагнітного приводу тощо. Відправними даними для проектного розрахунку слугують фізико-механічні та технологічні властивості матеріалу, з якого виготовлені МДЦД, умови експлуатації МДЦД і ресурс. На підставі аналізу відправних даних необхідно обґрунтувати доцільність використання саме методу ВВЗ із реалізацією його за допомогою зміцнювальних пристроїв із електромагнітним приводом і пружними системами, визначити експлуатаційні показники, які необхідно покращити (зносостійкість, втомна міцність тощо), вибрати найоптимальнішу для заданих умов принципову схему оброблення та продуктивність технологічної операції. Методику попереднього розрахунку електромагнітних зміцнювальних пристроїв із пружними системами викладено в [5].

**Постановка завдання.** Метою роботи є розроблення алгоритму, який охоплює проектний і остаточний розрахунки електромагнітних зміцнювальних пристроїв із пружними системами вібраційно-відцентрової дії, для полегшення проектно-конструкторських робіт на стадії технологічної підготовки виробництва.

**Викладення основного матеріалу.** Специфічними особливостями вибору, розроблення і проектування обладнання для викінчувально-зміцнювального оброблення МДЦД є потреба у ґрунтовному аналізі як динамічних явищ процесу ВВЗО з використанням електромагнітних пристроїв вібраційної дії, так і технологічних аспектів реалізації процесу ВВЗО з погляду забезпечення необхідних фізико-механічних параметрів якості поверхневих шарів МДЦД, встановлення оптимальних ОТП процесу ВВЗО тощо.

Блок-схема розрахунку електромагнітного вібраційно-відцентрового зміцнювального пристрою з пружними системами для оброблення виробів із конструкційних сталей наведена на рисунку.

Розшифруємо складові блок-схеми:

– у блоці (2) відбувається введення вихідних даних – геометричних розмірів оброблюваної поверхні, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу та технічних вимог щодо забезпечення фізико-механічних параметрів поверхневих шарів МДЦД (поверхневої мікротвердості  $H_{\mu}$ , товщини зміцненого шару  $a$ , ступеня зміцнення  $\varepsilon$  та залишкових напружень);

– у блоці (3) проводиться попередній проектно-конструкторський розрахунок для визначення основних конструктивних параметрів електромагнітних зміцнювальних пристроїв згідно з методикою та математичними залежностями, наведеними у [5];

- у блоці (4) згідно з отриманими на підставі методу багатофакторного експерименту емпіричними залежностями за допомогою відповідного програмного забезпечення розраховують основні технологічні параметри методу ВВЗ для визначених умов експлуатації виробів у заданих межах варіювання факторів. Математичні залежності для визначення фізико-механічних параметрів якості як функцій основних технологічних параметрів ВВЗ поверхневого шару МДЦД при обробленні ВВЗ за допомогою електромагнітних зміцнювальних пристроїв із пружними системами наведені в [6];
- у блоці (5) на основі обчислень, проведених у блоках (3) та (4), здійснюють конструювання та визначення оптимальних конструктивних параметрів електромагнітних вібраційно-відцентрових зміцнювальних пристроїв із пружними системами. Якщо не вдається за розрахованими величинами спроектувати вібраційно-відцентровий зміцнювач із електромагнітним приводом, розрахунок починають із блоку (3) після відповідної корекції конструктивних параметрів;

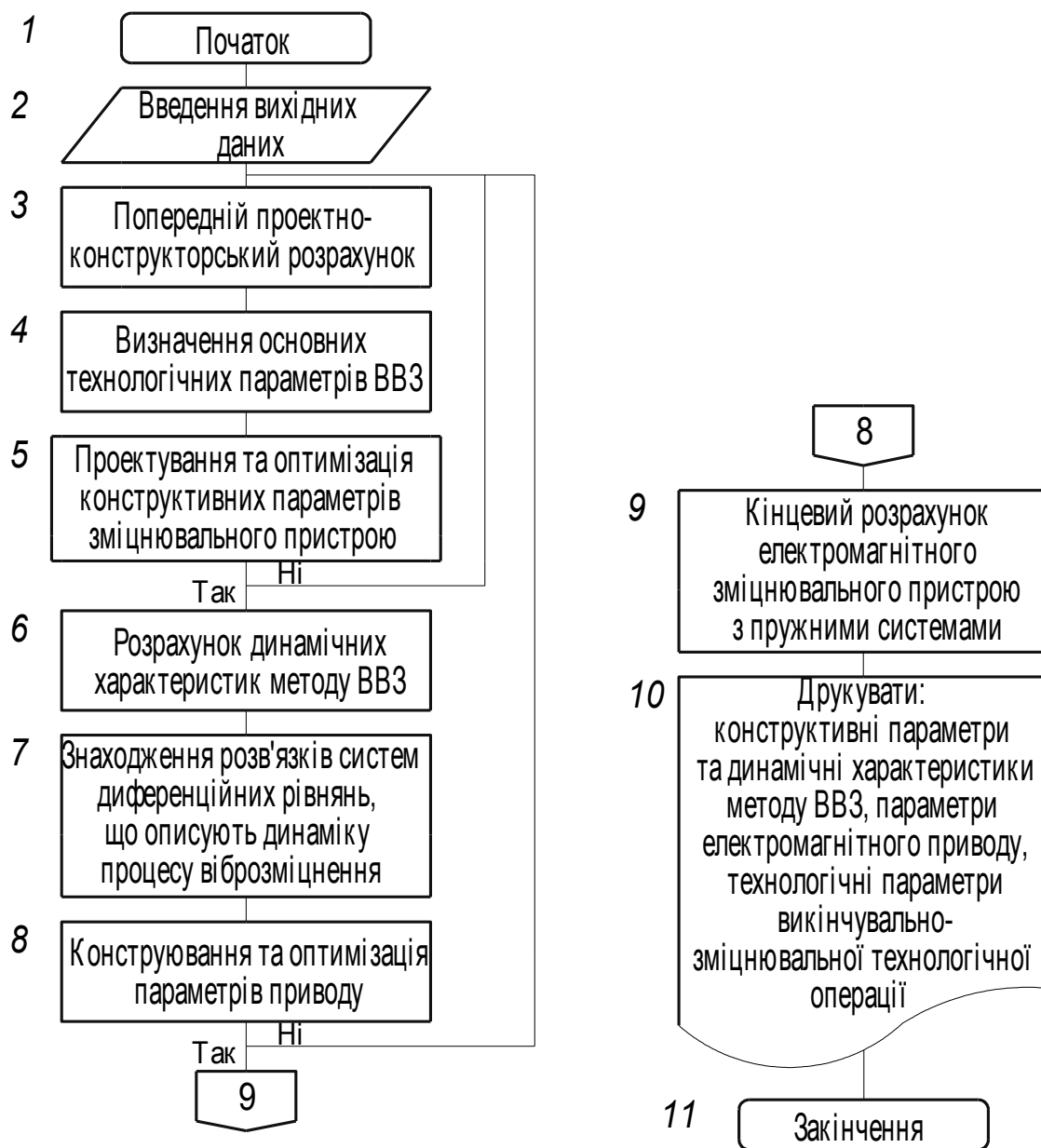


Рис. 1. Блок-схема розрахунку електромагнітного вібраційно-відцентрового зміцнювального пристрою з пружними системами

– у блоці (6) проводять обчислення основних динамічних характеристик методу ВВЗ: зусилля контактної взаємодії робочого органу зміцнювача з оброблюваною поверхнею МДЦД  $R$  та його граничного значення  $R_{max}$ ; критичного навантаження  $R_s$ , що відповідає початку зародження пластичної деформації; контактних напружень  $\sigma_{max}$ , які виникають під час взаємодії деформівних тіл робочих органів зміцнювача (сталевих загартованих кульок, роликів чи відповідних елементів фасонного профілю) і оброблюваної поверхні МДЦД; розподілу контактного тиску  $p(\alpha_i)$  у напрямку нормалі в межах осевого перерізу (зони дуги) тіл, що взаємодіють. Відповідні математичні залежності для визначення перерахованих динамічних характеристик методу ВВЗ подано у [6];

– у блоці (7) розв’язують системи диференціальних рівнянь, які описують динаміку ВВЗ, та аналізують можливість забезпечення динамічних характеристик оздоблювально-викінчуальної технологічної операції при отриманій множині розв’язків;

– у блоці (8) згідно з отриманими у блоках (4)–(7) величинами визначають оптимальні параметри електромагнітного приводу (конструктивні параметри магнітопроводу, співвідношення мідь-залізо, кількість витків тощо) та здійснюють його конструювання. У випадку, коли не вдається за розрахованими величинами спроектувати електромагнітний привід, розрахунок починають із блоку (3) після відповідної корекції вихідних параметрів;

– у блоці (9) здійснюють остаточний розрахунок електромагнітного зміцнювального пристрою з пружними системами, який включає комплексні розрахунки вузлів зміцнювального пристрою при моделюванні умов та навантажень, максимально наближених до реальних;

– у блоці (10) розраховані величини виводять на друк.

**Висновки.** На основі блок-схеми (рис. 1) за допомогою відповідного програмного забезпечення (середовище Mathcad, Matlab) розроблено програми, що здійснюють розрахунок електромагнітних вібраційно-відцентрових зміцнювальних пристроїв із пружними системами для оброблення внутрішніх і зовнішніх поверхонь МДЦД різних типорозмірів і номенклатури.

1. Афтаназів І.С. Використання вібрацій для зміцнення деталей // Зб. “Вібратици в техніці та технологіях”. – 1995. – № 1(2) – С. 27–34. 2. Афтаназів І.С., Кусий Я.М. Пристрій з електромагнітним приводом для зміцнення зовнішніх поверхонь довгомірних деталей // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка” “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні”. – 1999. – №359. – С. 36–41. 3. Афтаназів І.С., Кусий Я.М. Пристрій з електромагнітним приводом для зміцнення поверхонь довгомірних циліндричних деталей. // Машинознавство. – 1999. – №12. – С. 33–36. 4. Афтаназів І.С., Кусий Я.М. Аналіз та вибір оптимальних фінішних операцій технологічного процесу виготовлення довгомірних циліндричних деталей // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка” “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні”. – 2000. – №412. – С. 3–11. 5. Афтаназів І.С., Кусий Я.М. Розрахунок конструктивних елементів зміцнювальних пристроїв з електромагнітним приводом та пружною системою на ПЕОМ // Матеріали VIII-ої українсько-польської конференції “САПР в машинобудуванні: проблеми навчання та впровадження” – Львів, 3–5 травня. – 2000. – С. 70–75. 6. Кусий Я.М. Технологічне забезпечення фізико-механічних параметрів поверхневих шарів металевих довгомірних циліндричних деталей вібраційно-відцентровим зміцненням: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – Львів, 2002. – 260 с.