

## ВІДГУК

офіційного опонента, завідувача кафедри Інжинірингу з галузевого машинобудування Навчально-наукового Технологічного інституту Державного університету економіки і технологій МОН України, доктора технічних наук, професора Засельського Володимира Йосиповича на дисертаційну роботу **Баюл Костянтина Васильовича**

«Розвиток наукових основ створення валкових пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю

05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва»

Детальний аналіз дисертації Баюл К.В. «Розвиток наукових основ створення валкових пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації» дозволяє визначити наступні висновки щодо актуальності і ступеня обґрунтування основних наукових положень, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки.

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** На території України в результаті діяльності промислових підприємств накопичена величезна кількість різних відходів, які через значну кількість корисної сировини по суті є техногенними родовищами. Одним з напрямків при їх утилізації використовують технологію брикетування дрібно фракційних сировинних матеріалів, що дозволяє отримати необхідний промпродукт, знизити його собівартість та вирішити ряд екологічних питань промислових підприємств.

При розробці та створенні валкових пресів для переробки різноманітних технологічних відходів слід враховувати велику кількість факторів, але на теперішній час при достатньо великому обсязі досліджень, присвяченим даній тематиці, інтерпретація результатів досі чітко не визначена і потребує їх узагальнення і подальшого розвитку.

Тому дисертаційна робота Баюла К.В., яка присвячена розвитку основ створення валкових пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеними ресурсами експлуатації, є актуальною науково-прикладною проблемою.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації, вступу, семи розділів з переліком використаних джерел, загальних висновків і додатків. Загальний обсяг роботи становить 438 сторінок, зокрема основний текст роботи – 324 сторінки, список використаних джерел, що містить 214 найменувань – 24 сторінки, 21 сторінку займають додатки.

**Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичної значимості достовірності та обґрунтованості отриманих результатів.** У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету роботи, задачі та методи досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, а також наведено відомості щодо апробації роботи, її структури та обсягу публікацій.

**У першому розділі** виконано аналіз конструктивних і технологічних параметрів валкових пресів для переробки дрібно фракційних сировинних матеріалів. Запропоновано узагальнену класифікацію валкових пресів за технологічними та конструктивними параметрами. Встановлено, що на сьогодні найпоширенішими є преси з однією парою валків з симетричним та консольним розташуванням валків відносно підшипникових опор.

Для таких валкових пресів, різних виробників, досліджено взаємозв'язок конструктивних та технічних рішень з показниками їх ефективності. Встановлено, що компоувальне рішення валкових блоків суттєво впливає на конструкцію лінії приводу та відповідно на значення металоємності, енергоємності та ресурсу експлуатації.

Узагальнення інформації, присутньої у відкритих джерелах, вказує на те, що сучасні розробки щодо вдосконалення конструктивних та експлуатаційних параметрів валкових пресів здебільшого зосереджені на

дослідженні енергосилових параметрів процесу брикетування та впливу геометричних параметрів осередку деформації на параметри ущільнення шихти в брикети.

На базі проведення аналізу встановлено, що основною проблемою, яка стримує розробку та впровадження сучасних валкових пресів з розширеними технологічними можливостями є відсутність чітко сформульованого системного підходу, який дозволяє при створенні нових модифікацій валкових пресів компонувати їх за модульним принципом. Відсутні дані про теоретично розроблені методи аналізу таких показників процесу брикетування та стану пресового обладнання як: взаємозв'язок властивостей шихти, конфігурації формуючих елементів та пружної післядії з якістю брикетів.

Виходячи з цього сформульовані мета роботи, задачі і методи їх досліджень.

**У другому розділі** виконані дослідження по впливу зносу бандажів валкових пресів на технологічні та енергосилові параметри процесу пресування.

Розроблено концепцію оцінки впливу ступеня зносу бандажів на параметри брикетування, яка полягає у встановленні взаємозв'язків між контактними напруженнями на робочих поверхнях бандажів, характером і величиною їх зносу, параметрами брикетування, а також новий розрахунково-аналітичний метод оцінки зносу бандажів валкових пресів на різних стадіях їх експлуатації, який включає математичну модель визначення та побудову топограм зносу.

На підставі встановлених залежностей між зносом бандажів і параметрами брикетування створений новий метод прогнозу оцінки технологічних і енергосилових параметрів брикетування при різному ступені зносу бандажів за допомогою розроблених номограм.

Розроблена експлуатаційна карта комплекту бандажів валкового брикетного преса, застосування якої дозволить накопичити фактичні дані про

режим і умови експлуатації бандажів різного конструктивного виконання в умовах брикетування шихт з різними фізико-механічними властивостями. Зіставлення фактичних параметрів експлуатації бандажів з розрахунковими даними дозволить вносити корективи в моделі та методи оцінки впливу зносу бандажів на процес брикетування.

**У третьому розділі** запропоновано концепцію дослідження впливу зміни формуючих елементів валкових пресів на пружне розширення брикетів, яка полягає у встановленні зв'язку напружено-деформованого стану ущільнюваної шихти з величиною і розподілом пружної післядії.

Виконано комплекс експериментальних і аналітичних досліджень, спрямованих на створення науково-методичної бази для оцінки впливу конструктивних параметрів формуючих елементів валкових пресів на пружну післядію і якість брикетів.

Експериментально встановлено і аналітично описані залежності коефіцієнта ущільнення, пружної післядії, щільності та розущільнення від тиску пресування.

На основі досліджень створено експериментально-аналітичний метод оцінки впливу конфігурації формуючих елементів на пружне розширення брикетів, заснований на використанні полів напружень, що включає побудову епюр розподілу напружень, пружної післядії і щільності після пружного розширення. Розроблений алгоритм застосування запропонованого методу.

Окрім цього показана можливість застосування створеного методу до вирішення наступних завдань: прогнозування і оцінки впливу зміни формуючих елементів і параметрів ущільнення на пружну післядію; визначення раціональних геометричних параметрів формуючих елементів, які забезпечують отримання брикетів із заданою щільністю з урахуванням їх пружного розширення після зняття навантаження; моделювання нових типорозмірів формуючих елементів для зниження негативного впливу нерівномірності розподілу ущільнення в брикеті.

Встановлено, що, змінення розмірів та геометричних співвідношень формуючих елементів, впливає на розподіл характеристик ущільнення і пружної післядії.

**У четвертому розділі** виконано теоретичні дослідження впливу швидкості пресування на параметри ущільнення дрібно подрібнених шихт у валковому пресі.

Так у результаті зіставлення експериментально отриманих даних, щодо зміни коефіцієнтів ущільнення шихт в формуючих елементах валкових пресів з відомими аналітичними залежностями визначення критичної і максимальної швидкостей прокатки встановлено, що найбільш раціональним є аналіз досліджуваного процесу з використанням трансформованого виразу, запропонованого Катрусом, на базі котрого розроблено математичну модель вибору припустимого підвищення частоти обертання валків, при якій можливе отримання необхідного коефіцієнта ущільнення шихти в формуючих елементах валків брикетного преса.

Отримані аналітичні вирази дозволяють прогнозувати вплив швидкості пресування на параметри ущільнення шихти в осередку деформації валкового преса.

Для підтвердження достовірності результатів досліджень проведено порівняльний аналіз експериментальних даних про вплив частоти обертання валків пресів на параметри брикетування дрібно фракційних матеріалів та прокатки порошків в гладких валках. Виконаний аналіз підтвердив правомірність прийнятих теоретичних передумов та якісну відповідність результатів розрахунково-аналітичних досліджень до фізичних процесів, що протікають при брикетуванні дрібно фракційних шихт в валковому пресі при зміні швидкості пресування.

**У п'ятому розділі** наведені промислові дослідження зв'язків конструктивних, енергосилових і технологічних параметрів шнекового підпресовника валкового преса.

Показано, що необхідність використання підпресовника виникає для отримання брикетів з матеріалів з низкою насипною щільністю до 0,6 г/ .

З урахуванням фізико-механічних властивостей шихти та геометричних параметрів осередку деформації шихти в міжвалковому просторі, сформульовані умови для визначення необхідності застосування шнекового підпресовника в складі конструкції валкового преса. Згідно з цими умовами шнековий підпресовник, або будь-який інший пристрій для примусової подачі та попереднього ущільнення шихти може використовуватися в складі валкового преса тоді, коли стає неможливим досягнення необхідного (або максимально можливого) ступеня ущільнення матеріалу при гравітаційній подачі матеріал в міжвалковий простір.

Для визначення оцінки впливу конструктивних параметрів шнека і фізико-механічних характеристик шихти, що брикетується, на показники ущільнення та енергосилові характеристики роботи шнекового підпресовника валкового преса, розроблено розрахунково-аналітичний метод, який дозволяє обирати його раціональні робочі технічні параметри.

Проведеними промисловими дослідженнями отримано масив розрахункових та експериментальних даних які підтверджують обґрунтованість прийнятих теоретичних положень і створеного в роботі методу.

**Шостий розділ** присвячений вибору раціональних конструкторських рішень валкових пресів з використанням основних положень теорії проектування.

Сформульовано алгоритм та основні положення застосування структурно-параметричного синтезу і аналізу до вирішення завдання пошуку раціональних конструкцій валкових пресів. Розроблена ієрархічна структура декомпозиції валкових пресів, заснована на класифікації їх компоувальних, а також конструктивних рішень.

На основі аналізу ієрархій запропоновано комплексний системний підхід для визначення раціональної конфігурації пресуючих поверхонь

бандажів валкових пресів, який дозволяє отримати масив розрахункових даних і пов'язати геометричні параметри формуючих елементів з енергосиловими, технологічними характеристиками брикетування, показниками експлуатації бандажів, що надає можливість здійснити вибір раціональної конфігурації пресуючих поверхонь бандажів валкових пресів.

На конкретних прикладах показана можливість використання розробленого методу по вибору раціональної конфігурації пресуючих поверхонь валків з урахуванням пріоритетності досліджуваних параметрів.

**У цьому розділі** наведено результати впровадження результатів виконаних досліджень, які дозволили розробити нові модифікації валкових пресів, а саме: прес з гравітаційною подачею шихти в осередок деформації зі збільшеною шириною робочої поверхні валків (2 360 мм) для досягнення високої продуктивності; прес з шириною робочої поверхні валків (2 202 мм) оснащений підпресовниками шнекового типу, які дозволяють брикетувати матеріали з насипною щільністю до 0,6 г/ , зниженою сипучістю та таких, що потребують досягнення високих значень коефіцієнта ущільнення (1,3); прес, скомпонований за модульним принципом та призначений для виробництва брикетів з насипною щільністю більш ніж 6 г/ при гравітаційній подачі матеріалу в валки, а також матеріалів, що мають насипну щільність від 2 г/ до 6 г/ оснащеного підпресовниками.

Отримані результати промислових випробувань розроблених пресів свідчать про їх перевагу перед існуючими і є беззаперечно перспективною впровадження нових технологій для виробництва брикетів з відходів металургійних, хімічних та енергетичних промисловостей.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

У дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних розробок та експериментальних досліджень, направлених на розвиток наукових основ створення високоефективного пресового обладнання для брикетування дрібно фракційної сировини з використанням сучасних методів проектування.

**1. Вперше встановлено взаємозв'язки та отримано аналітичні залежності величини зносу бандажів та технологічних параметрів процесу брикетування.** На основі отриманих залежностей розроблено новий метод прогнозої оцінки технологічних параметрів процесу брикетування при різному ступені зносу бандажів. Використання запропонованого методу дозволить підвищити ресурс експлуатації бандажів валкових пресів.

**2. Вперше встановлено взаємозв'язки між напруженнями в ущільнюваній шихті і пружною післядією з урахуванням конфігурації пресуючих поверхонь.** На основі отриманих залежностей розроблено експериментально-аналітичний метод та математичну модель визначення величини і оцінки впливу пружної післядії на якість брикетів. Використання методу дозволяє визначити раціональні геометричні параметри формуючих елементів та моделювати нові типи їх модифікації.

**3. Встановлені зв'язки геометричних параметрів формуючих елементів з технологічними параметрами процесу брикетування та показниками експлуатації бандажів валкових пресів.** На основі встановлених зв'язків з використанням трансформованого методу аналізу ієрархій розроблено комплексний метод визначення раціональної конфігурації формуючих елементів бандажів валкових пресів. Використання методу дозволяє обґрунтувати вибір раціональної конфігурації формуючих елементів з декількох можливих варіантів.

**4. Розвинені уявлення про вплив швидкості пресування шихти в осередку валкового преса на параметри процесу брикетування.** Встановлено закономірність зміни опору шихти стисканню, яка в загальному випадку описується рівнянням  $\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-k \cdot v}$ , де  $\sigma_0$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив швидкості пресування. Отримані з урахуванням розрахованого поправочного коефіцієнту криві ущільнення, що є інтегральними відображеннями властивостей шихти, дозволяють для обраної швидкості пресування (частоти обертання валків) оцінити величину



тиску, що розвивається в осередку деформації і, відповідно, максимально можливий коефіцієнт ущільнення.

**5. Отримали подальший розвиток теоретичні уявлення про взаємозв'язок конструктивних параметрів шнекового підпресовника з параметрами процесу брикетування у валковому пресі.** Запропоновано математичну модель визначення раціональних конструктивних і енергосилових параметрів шнекового підпресовника, яка враховує фізико-механічні властивості шихти, що брикетується, режим роботи валкового преса та дозволяє обґрунтувати умови застосування підпресовника.

**6. Вперше розроблено основні положення створення конструкцій валкових пресів на основі структурно-параметричного синтезу та аналізу.** Запропонована ієрархічна структура декомпозиції валкових пресів, яка заснована на класифікації їх конструвальних і конструктивних рішень за модульним принципом. Розроблено алгоритм структурно-параметричного синтезу і спосіб його реалізації до пошуку раціональної конструкції валкових пресів. Це відкриває перспективи подальшого розвитку сучасних методів проектування валкових брикетних пресів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці технологій і пресового обладнання для брикетування дрібно фракційних сировинних матеріалів в металургійній, гірничодобувній, хімічній та інших галузях промисловості.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.**

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів, висновків, рекомендацій дисертаційної роботи підтверджується коректністю поставлених задач, використанням ефективних апробованих методів їх вирішення та статистично значущим обсягом експериментальних досліджень проведених в лабораторних і промислових умовах.

Отримані автором акти апробації та впровадження результатів досліджень також підтверджують обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації.

**Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації.** Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки.

**Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.**

Основні результати дисертаційної роботи, наукові положення та їх новизна викладені в 56 наукових працях, з яких: 39 наукових статей у фахових та спеціалізованих виданнях. 6 з яких входять до науко метричних баз Scopus та Web of Science, 15 матеріалів конференцій і тез доповідей, 2 патентів.

**Редакційний аналіз.** Робота викладена грамотно, з використанням сучасної термінології, є послідовно і логічно завершеною. Оформлення роботи відповідає ДСТУ – 3008 – 95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Назва роботи цілком відповідає її змісту.

#### **Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі.**

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити ряд зауважень, а саме:

1. Обсяг першого розділу дисертації варто було б скоротити за рахунок узагальнення відомостей основних технічних і конструктивних рішень вузлів і механізмів діючих валкових пресів з урахуванням виходу на завдання досліджень.

2. У другому розділі потрібно було б більш детально надати роз'яснення фізичного розуміння прийнятих емпіричних коефіцієнтів  $a$  і  $b$ , які відображають властивості матеріалу.

3. В дослідженнях оцінки впливу конфігурації формуючих елементів на пружну післядію в брикетах слід було б більше розкрити фізику процесу формування брикетів в плоскому і об'ємному напруженому станах ущільнюваної шихти.

4. У четвертому розділі не зрозуміло, яким чином здійснювалося регулювання швидкості валків на експериментальній установці брикетного преса ІЧМ АН України від 1 до 3 і чому обраний такий інтервал досліджень.

5. У п'ятому розділі наведена ступенева функція, яка визначає взаємозв'язок тиску з ущільненням шихти, де застосовуються коефіцієнти в рівнянні  $a$  і  $b$ , що характеризують ступінь її опору стисканню, але аналогічне рівняння наведено і в розділі 2 з тими ж коефіцієнтами, проте іншого фізичного розуміння.

6. В роботі запропоновано для опису поведінки матеріалу в шнековому підпресовнику використовувати експонентну функцію, але не зрозуміло, яким чином визначається коефіцієнт  $c$  в рівнянні.

7. В роботі зроблено з точки зору надійності багато досліджень по зношенню робочого органу брикетного пресу, однак для підпресовника такі дослідження відсутні.

8. Висновки по розділах дисертаційної роботи часто носять анотаційний характер.

9. Наведений в дисертації великий обсяг впроваджень слід було б скоротити, або винести в окремий том.

10. Обсяг автореферату щодо рекомендованих аркушів трохи перевищений, це ж стосується і обсягу самої дисертації.

11. Крім зазначених зауважень, в роботі мають місце незначні неточності і друкарські помилки.

Проте зазначені недоліки та зауваження принципово не впливають на ступінь наукової новизни та практичної значимості отриманих в дисертаційній роботі результатів. Зроблені автором висновки і положення,

що виносяться на захист добре обґрунтовані, логічно впливають із отриманих даних та відповідають поставленій меті й задачам дослідження.

Наукові положення та результати наукових досліджень кандидатської дисертації Баюл К.В. за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва» не виносяться на захист його докторської дисертації.

### **Загальний висновок по дисертаційній роботі.**

Дисертаційна робота Баюл К.В. «Розвиток наукових основ створення валкових пресів з розширеними технологічними можливостями та збільшеним ресурсом експлуатації» закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливої наукової проблеми в області галузевого машинобудування – створення сучасного пресового обладнання для брикетування дрібно фракційної сировини для різноманітних галузей промисловості шляхом розвитку наукової бази для синтезу раціональних конструвальних і конструктивних рішень валкових пресів з урахуванням вимог щодо технологічного процесу пресування.

За метою, об'єктом, предметом та завданням досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва» (технічні науки).

Наведені результати можна класифікувати як нові та обґрунтовані, вони мають наукове та практичне значення для створення нових ефективних машин для брикетування та утилізації дрібно фракційної сировини металургійних підприємств.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9.10 «Порядку присудження ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор **Баюл Костянтин Васильович** заслуговує присудження йому наукового ступеня

доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Завідувач кафедри Інжинірингу  
з галузевого машинобудування  
Навчально-наукового  
Технологічного інституту  
Державного університету економіки  
і технологій МОН України,  
Доктор технічних наук, професор



Засельський В.Й.

Підпис д.т.н., проф. Засельського В.Й.  
засвідчую:  
Вчений секретар



Багашова Н.В.