

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Корчак Олени Сергіївни

### **«Розвиток наукових основ проектування гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом»,**

яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском

### **ОЦІНКА СТРУКТУРИ, ЗМІСТУ І ЗАВЕРШЕНОСТІ ДИСЕРТАЦІЇ**

Дисертація складається з анотації з переліком праць, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і 5 додатків. Загальний об'єм роботи становить 483 сторінки, у тому числі 253 сторінки основного тексту, 107 рисунків і 7 таблиць на 95 сторінках, список використаних джерел із 347 найменувань на 38 сторінках, додатки на 55 сторінках. Загальна структура роботи і розбивка по розділах відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій, та не викликає заперечень.

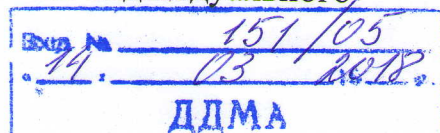
Подана робота виконана у Донбаській державній машинобудівній академії та є завершеною науковою працею.

*Дисертація відповідає спеціальності 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.*

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРАНОЇ ТЕМИ**

Освоєння промисловими підприємствами України ресурсозберігаючих технологій виготовлення поковок відповідального призначення потребує розробки та впровадження кардинально нових і прогресивних рішень, спрямованих на підвищення технічної оснащеності вітчизняного виробництва. Для налагодженого випуску крупнокаліберних стволів артилерійських установок, бурових штанг для геологорозвідки природного газу та копалин, вітроенергетичних установок та інших важливих об'єктів необхідним є створення в найкоротші строки потужного парку ковальсько-пресового обладнання (КПО) на базі гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом (НАП) як найбільш надійного, продуктивного й енергоефективного виду обладнання обробки матеріалів тиском (ОМТ), яке відповідає сучасному світовому рівню розвитку науки, техніки та виробництва.

З появою в КПО сучасного індивідуального сервоприводу виникає необхідність переглянути існуючі погляди та підходи на проектування систем керування гідравлічними пресами з НАП, в яких можливості індивідуального



сервоприводу використовуються в недостатній мірі. Ефективність роботи гідравлічних пресів з НАП широкого діапазону зусиль може бути значно збільшена шляхом раціонального проектування їх приводів і правильного підбору регулювальних пристроїв, які забезпечують швидкі та безударні розгини та гальмування рухомих мас. Розв'язання цієї проблеми можливе на базі подальшого розвитку інженерного аналізу гідравлічних пресів з НАП, а використання індивідуального сервоприводу, нових конструктивних рішень та засобів їх моделювання дозволить суттєво покращити динаміку гідравлічних пресів з НАП.

Таким чином, удосконалення конструкцій та режимів роботи гідравлічних пресів з НАП, які працюють на базі індивідуальних сервоприводів, та розвиток наукових основ їх проектування має важливе науково-практичне й виробниче значення та свідчить про актуальність теми дисертаційної роботи.

*Все вищевикладене вказує на безумовну актуальність представленої на розгляд дисертаційної роботи.*

### **СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ**

Наукові положення, висновки і рекомендації обґрунтовані автором не суперечать сучасним науковим положенням в області обладнання для обробки металів тиском, теорії машин і механізмів, теоретичної механіки. Для підтвердження результатів теоретичних досліджень проведені комплексні експериментальні дослідження, моделювання процесів на основі фізичних явищ. Запропоновані фізичні моделі засновані на загальних підходах теорії машин і механізмів, теоретичної механіки, деталей машин та ін.

Експериментальні дослідження проводились в лабораторіях та промислових умовах із застосуванням стандартних вимірювальних приладів та обладнання і спеціально спроектованих і виготовлених пристроїв і оснащення.

Достовірність основних наукових положень і висновків забезпечується адекватністю фізичної суті задач та їх відповідним математичним описом, співставленням знайдених рішень з відомими аналітичними і чисельними розв'язками, з результатами рішень, що одержані альтернативними методами, та з проведеними експериментальними дослідженнями.

*Вищевикладене дає підставу стверджувати, що ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи відповідає науковим вимогам до кваліфікаційних робіт такого рівня.*

### **ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ**

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів базується на теоретичних положеннях розрахунків механічних систем технологічних машин, теорії механізмів та машин, теорії надійності, методів дослідження операцій. В

роботі виконаний науково обґрунтований вибір методів теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретична база та використання цих методів для розв'язання завдань дисертаційних досліджень заперечень не викликає. Експериментальні дослідження виконані за допомогою обладнання та апаратури, що пройшли метрологічний контроль. Для аналізу та обробки експериментальних даних використані методи математичної статистики, теорії планування експерименту.

*Вищевикладене дає підставу стверджувати, що ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи відповідає науковим вимогам до кваліфікаційних робіт такого рівня.*

### **НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ**

Наукова новизна має місце у наступному.

1. Вперше запропоновано метод інженерного аналізу, при якому послідовність проектування гідравлічних пресів з НАП та індивідуальним сервоприводом відповідає послідовності виконання етапів машинного циклу, що дозволяє підвищити точність та обґрунтованість розрахунків при проектуванні гідравлічних пресів.
2. Вперше встановлено взаємозв'язок між процесами, що відбуваються в робочих циліндрах гідравлічного преса при їх заповненні рідиною низького тиску на ході наближення рухомої поперечини до поковки, та параметрами системи зворотних циліндрів.
3. Вперше встановлені закономірності впливу системи врівноважувальних циліндрів на динаміку переміщення рухомої поперечини на різних етапах машинного циклу.
4. Вперше встановлено взаємозв'язок між процесами декомпресії робочих циліндрів від високого тиску, знеміцнення металу поковки, заповнення зворотних циліндрів рідиною високого тиску з акумулятора та випрямлення столу преса, які відбуваються одночасно, для точного гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки при умові відсутності інерційного вибігу поперечини.
5. Вперше введений у теорію проектування гідравлічних пресів та науково обґрунтований «фактор вагомості клапана», який забезпечує високу швидкодію та точність гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки шляхом точного перерозподілу гідравлічного опору між регулювальним клапаном і компонентами гідроліній.
6. Набула подальшого розвитку математична модель гальмування рухомої поперечини на зворотному ході.
7. Набув подальшого розвитку метод теоретико-експериментального визначення базових параметрів гідравлічних пресів з НАП та індивідуальним сервоприводом, який дозволяє підвищити точність отриманих результатів.

*Таким чином, із наведеного випливає, що положення, висновки та рекомендації представленої роботи мають всі ознаки новизни.*

## **ОЦІНКА ВИСНОВКІВ ЗДОБУВАЧКИ ЩОДО ЗНАЧУЩОСТІ ЇЇ ПРАЦІ ДЛЯ НАУКИ І ПРАКТИКИ**

**Практичну цінність** роботи складають наступні її результати:

- комплекс методик розрахунку базових параметрів систем керування гідравлічними пресами з НАП та індивідуальним сервоприводом на базі розробленого методу інженерного аналізу;
- нові методики визначення раціональних за швидкодією режимів роботи гідравлічних пресів з НАП та індивідуальним сервоприводом на різних етапах машинного циклу;
- практичні рекомендації з удосконалення та раціонального проектування ефективних систем керування гідравлічними пресами з НАП та індивідуальним сервоприводом;
- комплекс інноваційних пристроїв і рекомендацій з удосконалення конструкцій та режимів роботи гідравлічних пресів, регулювання та керування на базі індивідуального сервоприводу, методики розрахунку швидкісних параметрів гідравлічних пресів з НАП.

Науково-технічні рішення, створені в дисертації, пройшли експертну оцінку, визнані ТОВ «НПП «Укртехексперт», а також роботи впроваджені на ПрАТ «НКМЗ» та ПАТ «Енергомашпецсталь» для удосконалення конструкцій, режимів роботи та методів розрахунку обладнання обробки тиском. Сумарний економічний ефект від впровадження розробок склав 5,615,000 (п'ять мільйонів шістсот п'ятнадцять тисяч) грн.

Науково-практичні розробки роботи використовуються у навчальному процесі та НДР кафедри «Механіка пластичного формування» (МПФ) ДДМА.

*Отже, робота має беззаперечну наукову та практичну цінність, її оцінка отриманих результатів здобувача щодо значущості його праці для науки і практики є підтвердженою, а тому об'єктивною.*

## **МОЖЛИВІ КОНКРЕТНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Результати дисертаційної роботи можуть бути ефективно використані на підприємствах машинобудування, приладобудування, металургійних, суднобудівних заводах та інших підприємствах України й інших розвинутих держав, де головним технологічним обладнанням слугують кривошипні преси. Також результати рекомендується використовувати в науково-дослідних інститутах України, в яких проводяться розробки в області штампувального виробництва.

В вищих навчальних закладах України результати можуть бути використані при підготовці фахівців в області обробки матеріалів тиском.

Подальші дослідження в цьому напрямку необхідно проводити в напрямку розширення переліку задач проектування обладнання для ковальського виробництва, для яких важливо визначення оптимальних варіантів параметрів.

*Таким чином, докторська дисертація має виражене галузеве значення.*

### **ПОВНОТА ВИКЛАДУ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ**

Матеріали та основні положення дисертаційної роботи опубліковано у: 3-х монографіях та їх розділах, 127 роботах з наукової тематики, з них 40 статей в 40 спеціалізованих виданнях, у тому числі 21 стаття без співавторів, 35 статей у зарубіжних виданнях, у тому числі 12 публікацій в журналах, які входять до наукометричних баз даних, з них 2 в Scopus, 9 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях. На нові технічні рішення отримано 63 патенти України. Додатково матеріали дисертації опубліковано у 4-х навчальних посібниках, з них 2 посібника з грифом МОН України.

Зміст автореферату та основних положень роботи повністю ідентичні.

До результатів докторської дисертації не входять наукові положення та результати, які містяться у кандидатській дисертації автора.

*Таким чином, основні положення докторської дисертації достатньо повно відображені в опублікованих працях.*

### **АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Робота в достатній мірі апробована. Основні положення, наукові та практичні результати дисертаційної роботи доповідалися на великій кількості міжнародних науково-технічних конференцій, що проводилися в Україні та за її межами, технічних семінарах ПрАТ «НКМЗ», щорічних конференціях професорсько-викладацького складу ДДМА. Крім того робота доповідалася у повному об'ємі на розширених семінарах в НТУУ «КПІ» та ДДМА в 2017р.

*Отже, результати дисертаційної роботи вельми повно викладені у наукових виданнях, є оригінальними та пройшли достатню апробацію.*

### **ЗМІСТ ТА ЗАВЕРШЕНІСТЬ РОБОТИ**

У першому розділі розглянуті конструктивні особливості, методи розрахунку та технологічні навантаження діючих гідравлічних пресів з насосно-аккумуляторним приводом. Аналізом стану сучасного ринку КПО встановлено, що найбільш перспективними у світі з точки зору надійності та ефективності роботи є машини обробки тиском без жорстких кінематичних зв'язків між приводом і робочим органом, а найбільш затребуваним видом обладнання – гідравлічні преси, у тому числі й преси з НАП. До основних переваг гідравлічних пресів з

НАП у порівнянні з іншими ковальськими машинами відносяться великі зусилля та високі швидкості робочого ходу, оперативне та чутливе до управляючих сигналів керування швидкістю й положенням рухомої поперечини, відсутність заклинювання, можливість в широких межах змінювати закриту штампову висоту, забезпечення витримування під тиском будь-якої тривалості, відсутність динамічного впливу на ґрунт тощо.

**Другий розділ** роботи присвячено вибору напряму та методів дослідження гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом. Розроблено комплекс експериментальних досліджень гідравлічних пресів з НАП, спрямований на виявлення якісних особливостей їх роботи упродовж різних етапів машинного циклу, отримання числової інформації щодо величин тиску на ділянках гідроприводу, ходах та швидкостях рухомої поперечини, часу та законах спрацювання регулювальних клапанів. Викладено метод теоретико-експериментального визначення базових параметрів гідравлічних пресів з НАП на базі отриманих експериментальних даних, які необхідні для побудування відповідних математичних моделей та перевірки їх адекватності.

У **третьому розділі** представлені результати дослідження процесу заповнення робочих циліндрів рідиною низького тиску. Проаналізовані експериментальні діаграми ходу наближення та процесу заповнення робочих циліндрів рідиною низького тиску. Розроблені відповідні математичні моделі з послідуочим їх аналізом, на базі якого створені раціональні за швидкодією режими роботи гідравлічних пресів з НАП.

**Четвертий розділ** присвячено дослідженню процесів деформування заготовки та їх взаємозв'язку з декомпресією робочих циліндрів. Експериментальними дослідженнями робочого ходу гідравлічних пресів з НАП в реальних виробничих умовах встановлено взаємозв'язок процесів декомпресії робочих циліндрів, знеміцнення металу поковки після закриття впускного клапана робочих циліндрів, поступового заповнення зворотних циліндрів рідиною високого тиску від акумулятора та усунення прогину рухомого столу преса, що відбуваються одночасно. Розроблено новий спосіб декомпресії робочих циліндрів по закінченні робочого ходу. За результатами теоретико-експериментальних досліджень для нового способу декомпресії робочих циліндрів по закінченні робочого ходу розроблено математичну модель у вигляді системи взаємопов'язаних рівнянь, що описує досліджувані процеси. За результатами аналізу розробленої математичної моделі розроблені режими точного гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки завдяки створення умов відсутності її інерційного вибігу після закриття впускного клапана.

У **п'ятому розділі** наведені результати дослідження умов здійснення зворотного ходу гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом. Проаналізовані експериментальні діаграми зворотного ходу. Розроблені відповідні математичні моделі з послідуочим їх аналізом, на базі якого створені раціональні за швидкодією режими роботи гідравлічних пресів з НАП.

**Шостий розділ** роботи присвячений розробці нового методу інженерного аналізу гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом. Викладена послідовність проектування та розрахунку гідравлічних пресів з НАП, яка

відповідає послідовності виконання етапів машинного циклу. Науково обґрунтований «фактор вагомості клапана», який дозволяє обирати для систем керування гідравлічними пресами з НАП та індивідуальним сервоприводом регульовальні клапани, що забезпечують високу швидкодію та точність гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки шляхом точного перерозподілу гідравлічного опору між регульовальним клапаном і компонентами гідроліній.

У сьомому розділі представлений комплекс інноваційних пристроїв з удосконалення конструкцій гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом на базі індивідуального сервоприводу, режимів їх роботи та практичних рекомендацій для реалізації у виробництві. Виконано узагальнення результатів проведених досліджень для практичного використання науково-технічних розробок, спрямованих на підвищення ефективності роботи гідравлічних пресів з НАП. Розроблено комплекс нових пристроїв ефективного заповнення робочих циліндрів рідиною низького тиску, комплекс рішень з підвищення коефіцієнта якості гідравлічних систем керування пресами, пристрої та рекомендації зі швидкого та безударного гальмування рухомої поперечини у верхньому положенні тощо.

*Таким чином, вважаю, що розглянута дисертація є завершеною науковою працею. Зміст роботи заперечень не викликає.*

### ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Твердження, що гідравлічні преси є найбільш надійним, продуктивним та енергоефективним виду обладнання обробки матеріалів тиском є дуже сумнівним без доповнення вказівок на вид обробки тиском (вільне кування) і розміри поковок. Адже в п. 6.6.2 автор вказує, що гідравлічні преси не вигідно застосовувати для операцій з піковим навантаження в кінці ходу (гаряче об'ємне штампування).

2. В огляді літератури при цитуванні літератури в списку із перших 60 джерел 46 становлять зарубіжні публікації. Було б варто звернути більше уваги вкладу вітчизняних вчених, тим паче, що найбільш потужні гідропреси були створені в нашій країні.

3. В третій главі приводяться багато теоретичних графіків, але ж на більшості з них відсутнє порівняння їх з експериментальними, які наведені декількома сторінками раніше. На деяких графіках приводиться порівняння експериментального і теоретичного графіків швидкості траверси. Однак із методики експериментальних досліджень (глава 2) зовсім не ясно як же проводилось вимірювання швидкості, тим паче, що це має велике значення для оцінки результатів розрахунків.

4. На рис. 5.4, 5.5 наведені графіки зміни переміщення траверси, які мають декілька екстремумів, а графік швидкості, яка є диференціалом переміщення, має монотонний характер без нульових значень.

5. В п.6.4, 6.5 розглянуті питання розрахунку напружено-деформованого стану робочих, зворотних і врівноважуючих циліндрів. Автор стверджує, що отримані результати дослідження забезпечують прискорене заповнення рідиною низького тиску на ході наближення. Не зовсім зрозуміло, як напружений стан циліндру впливає на швидкість рідини.

6. Рекомендації по підвищенню к. к. д. і щільності потужності НАП (стр. 276) носять декларативний характер, наприклад по зменшенню гідравлічних втрат, зменшенню нагрівання рідини, зменшення кавітаційного зношення, тощо. Усуєнення з напірних ліній місцевих гідравлічних опорів взагалі являється абсолютно неможливим.

7. Враховуючи наукову направленість роботи було б бажано розглянути питання якості і надійності системи керування потужних пресів, особливо враховуючи складність системи, поєднання електричних і гідравлічних засобів керування. При аналізі процесів гальмування і зупинки траверси неможливо не враховувати вплив точності і бістро дії спрацювання розподільної апаратури, вплив пере регулювання клапанів, тощо.

8. Інженерний метод аналізу гідропресів безперечно є значним внеском автора, але ж твердження, що при проектуванні подібних пресів в діапазоні зусиль 30...150 МН досить скористатися відповідними графіками (стр. 317) не зовсім коректне, адже автор не приводить доказів подібності пресів в досить широкому діапазоні зусиль.

9. При математичному моделюванні фізичних процесів автор базується на диференційних рівняннях Д'Аламбера (стр. 101), але в тому ж параграфі вказує, що інерційна сила Д'Аламбера не вказується (стр. 103). Звідси стає незрозуміло за рахунок чого ж має місце динамічний характер руху траверси.

10. На сторінці 211 вказано, що коливання рухомої траверси носить яскраво виражений затухаючий характер із-за того, що в коливальному русі присутне тертя. Але затухання коливань будь-якої динамічної системи відбувається не тільки із-за сил тертя, а насамперед через наявність дисипації та змінних умов тертя. Теоретичне значення коефіцієнту швидкісного опору (дисипації) залежить від складного співвідношення жорсткісно-масових характеристик системи, які автор не розглядає.

11. При аналізі кінця робочого ходу, а також зупинки траверси в верхньому положенні автор використовує жорстко-пружну модель (наприклад, стр. 198), в якій суттєве значення мають приведена маса рухомих частин і жорсткість елементів пресу і зв'язків між ними. В роботі неодноразово вказується, що жорсткість системи обумовлена в першу чергу прогином столу. Нехтування жорсткістю інших елементів (колон, верхньої поперечини, рідини) недосить обґрунтоване.

12. При аналізі робочого ходу розглядаються технологічні процеси «осадження», «кування» та «шліхтування». Але ж «кування» не є технологічним процесом, а визначає сукупність технологічних операцій, якими можуть бути «осадження», «шліхтування», тощо.

По оформленню дисертації зауваження такі:



1. В окремих місцях роботи мають місце редакційні помилки, наприклад на стр. 66 при перерахуванні інтервалів спрацювання клапанів.
2. На стр. 271 вказано, що траверса переміщується зліва направо. Але ж насправді на малюнку переміщується координата траверси.
3. Мають місце декілька помилок при посиланні на літературні джерела, наприклад на стр. 287 посилання на джерело [274] має бути змінено на [275].
4. Державні стандарти 7.1-2003, 7.1-2006 не передбачують посилання на джерела в вигляді переліку, як це зроблено в п. 52–75, 76–111 в авторефераті та анотації.

*Зазначені зауваження не є принциповими, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи здобувача та їх слід розглядати, як побажання для подальшого наукового пошуку.*

### **ВИСНОВОК ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ ДИСЕРТАЦІЇ ВСТАНОВЛЕНИМ ВИМОГАМ**

Дисертація Корчак Олени Сергіївни, яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук є завершеною науковою роботою та має достатній об'єм і оформлена відповідно до встановлених вимог.

Дисертація містить наукову новизну, практичну цінність, нові висновки та рекомендації, а отримані в ній науково обґрунтовані розробки вносять певний вклад у розвиток теорії та методики проектування машин для обробки тиском, підвищення їх техніко-економічних показників, зниження енергоресурсів та матеріалів при конструюванні та виготовленні пресів.

За змістом, структурою, об'ємом та оформленням робота відповідає вимогам пп. 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» (Постанова № 567 від 24 липня 2013 р.), що пред'являють до докторських дисертацій. Автореферат цілком узгоджується зі змістом й основними положеннями дисертації.

Науковий рівень представленої дисертації «Розвиток наукових основ проектування гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом», отримані наукові і практичні результати відповідають вимогам до докторських дисертацій, а її авторка Корчак Олена Сергіївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

д. т. н., доцент, завідувач кафедри  
обробки металів тиском

Запорізької державної інженерної академії

О.В.Явтушенко

Підпис д. т. н., доцента Явтушенка О.В. засвідчую



О.В. Явтушенка О.В.  
ЗАСВІДЧУЮ  
Почесний член відділу кадрів