

*В спеціалізовану вчену раду Д 12.105.01  
Донбаської державної машинобудівної академії  
вул. Академічна, 72  
м. Краматорськ  
84313*

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу КОРЧАК Олени Сергіївни  
**«Розвиток наукових основ проектування гідравлічних пресів з  
насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним  
сервоприводом»,**

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

На розгляд представлено *рукопис* дисертаційної роботи, що містить 483 сторінки, у тому числі 253 сторінки основного тексту, 107 рисунків, 7 таблиць, список використаних джерел із 347 найменувань, 5 додатків, *автореферат* дисертації на 40 сторінках та *публікації* здобувачки Корчак О.С. за темою дисертаційної роботи.

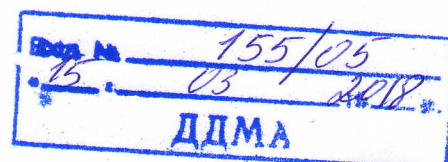
Розглянувши зазначені матеріали, відзначаю, що дисертація є закінченою науковою роботою, яка відповідає спеціальності 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ**

Представлена дисертаційна робота спрямована на підвищення ефективності роботи гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом. Розробці раціональних за швидкістю режимів роботи гідравлічних пресів, а також конструкцій систем керування, необхідних для реалізації цих режимів, перешкоджає невивченість процесів, що відбуваються в їх приводах, та пов'язана з нею відсутність досконалого математичного апарата.

Для забезпечення швидких і безударних розгонів і гальмувань рухомих мас виникає необхідність переглянути існуючі погляди та підходи на проектування систем керування гідравлічними пресами з насосно-акумуляторним приводом, в яких можливості індивідуального сервоприводу використовуються в недостатній мірі. При цьому ефективність роботи гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом широкого діапазону зусиль може бути значно збільшена шляхом раціонального проектування їх приводів і правильного підбору регулювальних пристроїв.

Таким чином, удосконалення конструкцій та режимів роботи гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом, 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.

## СТРУКТУРА, ЗМІСТ І ЗАВЕРШЕНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Основний зміст роботи викладено у семи розділах, висновках, переліку посилань та п'яти додатках.

У першому розділі авторка дає розгорнуту оцінку стану питання конструювання, розрахунку та навантаження гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом. Зазначаючи внесок вітчизняних і зарубіжних вчених, вона намічає питання, які необхідно вивчити для досягнення поставлених в дисертаційній роботі задач.

У другому розділі авторка обґрунтовує напрям та методи досліджень, в основу яких покладено теоретико-експериментальний метод. Цей метод покладено також в основу визначення основних параметрів гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом, які необхідні для побудування та аналізу математичних моделей різних етапів машинного циклу. Розроблено методику експериментальних досліджень гідравлічних пресів в умовах реального виробництва.

У третьому розділі представлені результати дослідження процесу заповнення робочих циліндрів рідиною низького тиску. Встановлено, що на динаміку переміщення рухомої поперечини на ході наближення до поковки суттєво впливає система керування зворотними циліндрами преса, а регулювання швидкості опускання рухомої поперечини шляхом незначної зміни висоти відкриття зливного клапана зворотних циліндрів є неефективним з погляду швидкодії, а також неприпустимим внаслідок розвинених коливальних та гідрударних явищ в системі низького тиску, робочих та зворотних циліндрах. В ході досліджень визначено параметри гідравлічних пресів, необхідні для побудування математичної моделі процесу заповнення робочих циліндрів рідиною низького тиску.

Авторкою роботи виявлено, що незалежно від параметрів системи зворотних циліндрів при відсутності врівноважувальних циліндрів рідинне голодування робочих циліндрів, а також гідрударні явища різних інтенсивностей при розгоні та гальмуванні рухомої поперечини на ході наближення до поковки неминучі. За результатами досліджень встановлено, що раціональні за швидкістю режими здійснення ходу наближення реалізуються при наявності в конструкції преса врівноважувальних циліндрів, використанні зливних клапанів зворотних циліндрів з показником виду конструктивної характеристики 1,0 та коефіцієнтом якості гідросистеми не менше 0,8.

В четвертому розділі здобувачкою досліджено процеси деформування заготовки та їх взаємозв'язок з декомпресією робочих циліндрів. Для цього спочатку експериментально досліджено пружні властивості металоконструкції

преса без урахування впливу факторів технологічного процесу шляхом розробки спеціальних режимів роботи пресів.

Експериментально встановлено, що застосований спосіб декомпресії робочих циліндрів характеризується низькою інтенсивністю та призводить до значного зниження ефективності роботи гідравлічного преса. Крім того під впливом сил гідростатичної дії, знеміцнення металу поковки та випрямлення стола преса рухома поперечина встигає здійснити інерційний вибіг, що призводить до зниження точності кування. Проаналізована важливість використання врівноважувальних циліндрів, які виконують функцію демпфера та утворюють підпор усталеного зусилля для утримування рухомої поперечини у рівноважному стані на робочому ході та при наступній декомпресії робочих циліндрів від високого тиску.

Авторкою запропоновано новий спосіб декомпресії робочих циліндрів по закінченні робочого ходу, яка здійснюється прямо в наповнювально-зливний трубопровід відкриттям зливних клапанів відповідних ступенів зусиль, встановлених безпосередньо на верхній нерухомій поперечині преса біля робочих циліндрів. Математичне моделювання цього нового способу здійснено на базі системи взаємопов'язаних рівнянь, що описують процеси, які відбуваються одночасно, – декомпресії робочих циліндрів від високого тиску, знеміцнення металу поковки після закриття впускного клапана робочих циліндрів необхідного ступеня зусиль, поступового заповнення зворотних циліндрів рідиною високого тиску від акумулятора, випрямлення рухомого стола преса. Математичне моделювання дозволило встановити, що раціональні зі швидкодії режими здійснення декомпресії робочих циліндрів по закінченні робочого ходу реалізуються при наявності в конструкції преса врівноважувальних циліндрів, використанні зливних клапанів робочих циліндрів і впускного клапана зворотних циліндрів з показником виду конструктивної характеристики 1,0 та коефіцієнті якості гідросистеми не менше 0,8. При цьому забезпечується точне гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки завдяки створення умов відсутності її інерційного вибігу по закінченні робочого ходу.

У п'ятому розділі роботи наведені результати дослідження умов здійснення зворотного ходу. Здобувачкою встановлено, що, незважаючи на наявність індивідуального сервоприводу впускного клапана зворотних циліндрів, вибіг та коливання рухомої поперечини вгору після його закриття неминучі. Аналізом математичної моделі затухаючих коливань рухомої поперечини на зворотному ході встановлено, що при наявності в конструкції преса врівноважувальних циліндрів період коливань збільшується на 75% зі зменшенням амплітуди як мінімум у 2 рази. При цьому повне затухання коливань настає на 0,25...0,5 с раніше, ніж у випадку відсутності системи врівноважувальних циліндрів. Розроблено новий спосіб гальмування рухомої поперечини на зворотному ході закриттям зливних клапанів робочих циліндрів з показником виду конструктивної характеристики не нижче 1,0, коефіцієнтом якості гідросистеми не менше 0,8 та

мінімальним часом закриття 0,2 с. Час гальмування скорочується більш, ніж на 80%, а вибіг рухомої поперечини у верхньому положенні відсутній.

Шостий розділ роботи авторка присвятила розробці нового методу інженерного аналізу гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом, який *безперечно* на думку опонента є *новим* і *принципово* відрізняється від раніш відомих тим, що послідовність проектування та розрахунку гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом відповідає послідовності виконання етапів машинного циклу. Комплекс експериментальних досліджень та докладний аналіз досконалих математичних моделей всіх етапів машинного циклу преса передувє розробці даного методу, що дає можливість науково обґрунтувати кожне прийняте при проектуванні рішення та розробити систему взаємозв'язаних аналітичних залежностей. При цьому вперше введений у теорію проектування гідравлічних пресів та науково обґрунтований «фактор вагомості клапана» є основою створення систем керування гідравлічними пресами з заданим коефіцієнтом якості та забезпечує високу швидкодію та точність гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки.

Результати розрахунків у відповідності до нового методу інженерного аналізу зведені авторкою до графічних залежностей, які відрізняються однозначністю – всі параметри, що визначаються, знаходяться у безпосередній залежності від номінального зусилля гідравлічного преса. Це дозволяє при створенні нового гідропресового обладнання скористатися відповідними графіками, а при модернізації діючих гідравлічних пресів окрім графіків необхідним є використання отриманих в дисертації аналітичних залежностей.

У сьомому розділі спонукачкою розроблено 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. Запропоновано цілий ряд пристроїв та вузлів, що дозволяють покращити роботу гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом широкого діапазону зусиль та забезпечити підвищення їх продуктивності, працездатності та надійності, а саме: пристрої 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, рекомендації з загального компонування та підвищення компактності систем керування гідравлічними пресами, рекомендації зі створення корпусу робочого циліндра тощо.

Висновки в повній мірі відображають результати, досягнуті при проведенні досліджень.

Перелік посилань є достатньо інформативним та широко охоплює предметну галузь у світовому масштабі.

Додатки дають повне уявлення про апробацію, публікаційну активність та патентоздатність нових технічних рішень здобувачки, надають інформацію про стан впровадження результатів дисертаційної роботи.

Нові рекомендації з удосконалення режимів роботи гідравлічних пресів упродовж всього машинного циклу повністю обґрунтовані. Наведені цифри добре мотивовано в тексті дисертації і опонент з ними повністю погоджується.

Дисертація написана з використанням сучасної технічної термінології. Зміст викладено чітко, зрозуміло та послідовно з необхідною для розуміння викладок кількістю ілюстрацій, рисунків та таблиць.

Опонент вважає дисертацію закінченою науково-дослідною роботою.

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

У представленій на розгляд дисертації використано теоретико-експериментальний підхід, що дозволив розширити наукові знання про процеси, що відбуваються в гідроприводі пресів з насосно-акумуляторним приводом на різних етапах машинного циклу з урахуванням їх взаємозв'язку, а також вплив цих процесів на ефективність роботи досліджуваного обладнання. Теоретичні дослідження проводилися з застосуванням диференціальних рівнянь Д'Аламбера, методів теорії механіки рідини та газу, теорії об'ємного гідроприводу, прикладних теорій коливань, удару та пружності. Експериментальні дослідження гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом виконувалися в умовах реального виробництва з використанням сучасних електронних перетворювачів фізичних величин у цифрові сигнали.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується всебічною та багаторазовою апробацією матеріалів дисертації на міжнародних конференціях, наявністю публікацій в зарубіжних виданнях, впровадженням у виробництво.

Опонент вважає, 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

В дисертаційній роботі розв'язана важлива науково-технічна проблема підвищення ефективності роботи гідравлічних пресів з НАП та індивідуальним сервоприводом на основі розвитку наукових основ їх проектування та розробки нових пристроїв і практичних рекомендацій для реалізації у виробництві. Це забезпечує підвищення ступеня наукової обґрунтованості технічних рішень, які приймаються при створенні нових і модернізації діючих гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом.

Наукову новизну містять наступні положення, які винесені на захист.

1. Вперше запропоновано метод інженерного аналізу гідравлічних пресів, при якому, на відміну від існуючих методів розрахунку, послідовність їх проектування відповідає послідовності виконання етапів машинного циклу зі встановленням взаємозв'язку систем високого та низького тисків, гідроліній

робочих, зворотних та врівноважувальних циліндрів.

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 преса на різних етапах його 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, що дозволило досягти точного гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки.

5. Вперше введений у теорію проектування гідравлічних пресів та науково обґрунтований «фактор вагомості клапана» для забезпечення високої швидкодії та точності гальмування рухомої поперечини на заданому розмірі поковки.

6. Набула подальшого розвитку математична модель гальмування рухомої поперечини на зворотному ході, яка, враховує параметри коливальної системи.

7. Набув подальшого розвитку метод теоретико-експериментального визначення базових параметрів гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом.

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

Цінними для практики є наступні результати дисертації, що дозволяють покращити роботу гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом, а також забезпечити підвищення ефективності їх роботи, а саме:

- комплекс методик розрахунку базових параметрів систем керування гідравлічними пресами на базі розробленого методу інженерного аналізу;
- нові методики визначення раціональних за швидкістю режимів роботи пресів на різних етапах машинного циклу;
- практичні рекомендації з удосконалення та раціонального проектування систем керування гідравлічними пресами на базі індивідуального сервоприводу, які забезпечують підвищення ефективності їх роботи;
- комплекс інноваційних пристроїв і рекомендацій з удосконалення конструкцій та режимів роботи гідравлічних пресів, а також пристроїв регулювання та керування на базі індивідуального сервоприводу та супровідні їм методики розрахунку швидкісних параметрів гідравлічних пресів.

Про практичну цінність отриманих дисертанткою результатів свідчить їх впровадження на ПрАТ «НКМЗ» та ПАТ «Енергомашпецсталь» на діючих автоматизованих ковальських комплексах, в навчальний процес ДДМА, а також експертний висновок ТОВ «НПП «Укртехексперт».

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

Матеріали дисертаційної роботи висвітлені 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.

Матеріали дисертації опубліковано у 4-х навчальних посібниках, з них 2 посібника з грифом МОН України.

Суть дисертаційної роботи повністю відображена у публікаціях, обсяг та кількість яких відповідають вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Робота апробована та обговорена на більш ніж 40 конференціях та наукових семінарах.

## ВІДПОВІДНІСТЬ ЗМІСТУ АВТОРЕФЕРАТУ ОСНОВНИМ ПОЛОЖЕННЯМ ДИСЕРТАЦІЇ

Автореферат повністю відповідає змістові дисертаційної роботи. Його структура, зміст та оформлення відповідають вимогам пункту 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів».

## ВИКОРИСТАННЯ В ДОКТОРСЬКІЙ ДИСЕРТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, НА ОСНОВІ ЯКИХ ЗАХИЩЕНА КАНДИДАТСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ.

Здобувач на захист не виносить положення, за якими була захищена кандидатська дисертація.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА СТУПІНЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному тематичному напрямку наукових досліджень «Створення та застосування технологій отримання, зварювання, з'єднання та оброблення конструкційних, функціональних і композиційних матеріалів» та пріоритетному тематичному напрямку Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА). Роботу виконано в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР) ДДМА, передбачених планами Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0111U000887, 0114U002536, 0110U006163), в яких авторка приймала участь як виконавець, а також в рамках комплексу НДР, виконаних сумісно з ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (НКМЗ).

Авторка є керівником кафедральної держбюджетної теми 0115U004735.

Науково-технічні рішення, створені в дисертації, пройшли експертну оцінку та визнані ТОВ «НПП «Укртехексперт», як такі, що відповідають сучасним вимогам виробництва та рекомендовані для використання у виробництві.

Результати роботи у вигляді удосконалених конструкцій, режимів роботи та методів розрахунку ковальських гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом впроваджені на ПрАТ «НКМЗ» та ПАТ «Енергомашспецсталь».

Сумарний економічний ефект від впровадження розробок склав 5,615,000 (п'ять мільйонів шістсот п'ятнадцять тисяч) грн.

Окремі положення роботи знайшли своє використання у навчальному процесі та НДР кафедри «Механіка пластичного формування» (МПФ) ДДМА при вивченні ряду спеціальних дисциплін, виконанні студентами курсових, дипломних проектів і магістерських наукових робіт.

Результати дисертації рекомендуються для впровадження на промислових підприємствах, які проектують та експлуатують обладнання для обробки тиском, що працює на базі індивідуального сервоприводу.

### ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ТА ОФОРМЛЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

В цілому по дисертації є наступні зауваження.

1. В роботі не зазначені початкові дані для математичного моделювання досліджуваних процесів, які відбуваються в гідроприводі.

2. При дослідженні процесу заповнення рідиною робочих циліндрів пресу на ході наближення рухомої поперечини до поковки слід було б врахувати розчинність повітря в робочій рідині відповідно до закону Авогадро.

3. При розгляді коливальних явищ не зазначені величини частоти коливань стовпів робочої рідини та плунжерів дросельних регулювальних клапанів.

4. Термін «розтягування» стовпа робочої рідини слід замінити на термін «розрідження» відповідно до фізичної сутності процесів, що описуються.

5. При описі експериментальних діаграм не наведені масштабні коефіцієнти за шкалами параметрів, які аналізуються.

6. При викладенні методу інженерного аналізу слід було б навести методику розрахунку об'ємів рідини в акумуляторі насосно-акумуляторної станції та розглянути можливості удосконалення пристроїв контролю відповідних рівнів рідини високого тиску.

7. Наприкінці 6-го розділу роботи доречним було б навести загальний алгоритм поетапного виконання нового методу інженерного аналізу. Це дало б можливість авторці узагальнити отримані результати та підкреслити особливості власного бачення розв'язаної в роботі науково-технічної проблеми.

### ВИСНОВОК

На підставі аналізу дисертаційної роботи Корчак Олени Сергіївни «Розвиток наукових основ проектування гідравлічних пресів з насосно-



акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом» і опублікованих праць авторки вважаю, що в дисертації з достатньою повнотою досліджено, обґрунтовано та розв'язано важливу науково-технічну проблему підвищення ефективності роботи гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом. Матеріали дисертації викладено системно, логічно та послідовно. Структура роботи не викликає заперечень.

Зміст автореферату повністю відповідає матеріалам рукопису дисертаційної роботи, а основні наукові положення в них ідентичні.

Структура, зміст та оформлення дисертації відповідають вимогам пункту 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів».

Наведені зауваження не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи Корчак О.С.

Дисертація Корчак О.С., яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, є завершеною науковою роботою, актуальна, має наукову новизну та практичну цінність, виконана на високому науковому рівні, результати роботи пройшли відповідну апробацію. Публікація результатів роботи достатня.

Вважаю, що дисертаційна робота «Розвиток наукових основ проектування гідравлічних пресів з насосно-акумуляторним приводом та індивідуальним сервоприводом» відповідає вимогам пункту 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її авторка Корчак Олена Сергіївна заслужує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.

### Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор  
професор кафедри «Деталі машин та  
мехатронні системи»

Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»



М. П. Андренко

СВІДЧУЮ:

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Заковоротний О.Ю.

" 07 " 03 20 18 р.

П.М. Андренко