

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний аграрний університет

На правах рукопису

ЗЕЛІНСЬКА ОКСАНА ВЛАДИСЛАВІВНА

УДК 621.777.01

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ  
ЗАГОТОВОК З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ВІБРОПРЕСОВОМУ  
ОБЛАДНАННІ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ

Спеціальність 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Іскович-Лотоцький  
Ростислав Дмитрович,  
д.т.н., професор

Вінниця – 2015

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....   | 4  |
| ВСТУП.....   | 5  |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ<br>ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ   |    |
| 1.1 Загальні відомості про процеси формоутворення.....   | 11 |
| 1.2 Процеси вібраційної та віброударної обробки .....  | 16 |
| 1.3 Використання вібрацій при формоутворенні заготовок з порошкових<br>матеріалів .....  | 20 |
| 1.4 Вібропресове обладнання для формоутворення заготовок з порошкових<br>матеріалів .....  | 25 |
| 1.5 Висновки .....   | 36 |
| РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ  |    |
| 2.1 Технологічний комплекс для віброударного пресування  | 39 |
| 2.2 Дослідження фізико-механічних властивостей заготовок   | 43 |
| 2.3 Основні робочі режими інерційного вібропрес-молота   | 50 |
| 2.4 Дослідження інерційного вібропрес-молота з гідроімпульсним приводом  | 54 |
| 2.5 Оцінка ефективності роботи технологічного комплексу  | 60 |
| 2.6 Висновки   | 66 |
| РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ<br>ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО<br>КОМПЛЕКСУ  |    |
| 3.1 Оцінка ефективності функціонування технологічного комплексу  | 68 |
| 3.2 Моделювання системи ІВПМ   | 73 |
| 3.3 Класифікація оцінок ефективності та надійності роботи<br>складових ІВПМ  | 77 |
| 3.4 Розробка моделі, складання й обґрунтування множин вхідних та вихідних<br>параметрів для оцінювання ефективності функціонування технологічного<br>комплексу | 81 |
| 3.5 Побудова методу оцінювання стану технологічного комплексу на базі  |    |

|   |     |
|---|-----|
| математичного апарату нечітких множин   | 89  |
| 3.6 Висновки  | 96  |
| РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ<br>ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА<br>ВІБРОПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ                    |     |
| 4.1 Оцінювання параметрів заготовок з порошкових матеріалів   | 97  |
| 4.2 Опис експериментальної установки  | 99  |
| 4.3 Аналіз експериментальних даних  | 107 |
| 4.4 Обробка результатів за допомогою прикладних програм   | 109 |
| 4.5 Висновки  | 120 |
| РОЗДІЛ 5 ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ   |     |
| 5.1 Автоматизація розрахунку і проектування технологічного комплексу для<br>віброударного пресування  | 122 |
| 5.2 Оцінка ефективності та прогнозування роботи технологічного комплексу  | 136 |
| 5.3 Визначення ефективності функціонування гідроімпульсного приводу   | 141 |
| 5.4 Функціонально-вартісний аналіз технологічного комплексу   | 143 |
| 5.5 Висновки  | 150 |
| ВИСНОВКИ.....   | 152 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 154 |
| ДОДАТКИ.....  | 169 |
| Додаток А Значення параметрів $a...k_1$ для показників ефективності   | 170 |
| Додаток Б Матриці знань   | 172 |
| Додаток В Розрахункові значення оцінювальних параметрів, функції<br>належності, логічні рівняння груп показників та графічне відображення<br>результатів теоретичних досліджень | 175 |
| Додаток Г Програма для розрахунку основних параметрів технологічного<br>комплексу   | 178 |
| Додаток Д Акти впровадження результатів дисертаційної роботи  | 183 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Розвиток сучасного машинобудування є значущим чинником технічного прогресу, оскільки корінні перетворення в будь-якій сфері виробництва можливі лише в результаті створення досконаліших машин і розробки принципово нових технологій. Широке використання знаходять вібраційні та віброударні технологічні процеси, а також обладнання для їх реалізації. Встановлено, що прикладання до об'єктів обробки корисних вібрацій або ударних імпульсів дозволяє значно інтенсифікувати протікання ряду технологічних процесів, забезпечити оптимальність параметрів навантаження і одержати виріб з високими якісними параметрами, зокрема, при пресуванні заготовок виробів з порошкових матеріалів (карбідів, боридів і ін.), які повинні мати відповідні міцність, щільність і рівнощільність по об'єму в умовах безвідходного виробництва для того, щоб дану заготовку можна було транспортувати до камери спікання без втрати форми. Тому до вібраційного обладнання для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів висуваються підвищені вимоги. Воно повинно мати порівняно просту конструкцію, високу надійність, низькі металоємність і енергоємність, забезпечувати якість формованого виробу.

Значний внесок у вирішення цих питань внесли Аксенова Г. І., Алієв І. С., Баглюк Г. А., Блехман І. І., Бейлін М. І., Белова С. В., Гогаєв К. О., Жучков А. П., Земськовий В. Д., Іващенко В. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Лаптев О. М., Кононенко В. А., Крюков Б. І., Кряжков В. К., Матвеев І. Б., Обертюх Р. Р., Огородніков В. А., Проніков О. С., Потураєв В. М., Рудь В. Д., Рябічева Л. О., Сивак І. О., Сомов Д. О., Сиріцин Т. О., Ушаков І. О., Халфін М. А., Фролов К. В., Штерн М. Б., Ям В. М. та інші вчені.

Важливість техніко-технологічного обслуговування вібраційних і віброударних машин з гідроімпульсним приводом зумовлена багатьма факторами, які суттєво впливають на процес роботи вібропресового обладнання.

Тому питання, підвищення ефективності процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні є актуальними.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дослідження, що складають основу дисертації, проведено на факультеті механізації сільського господарства ВНАУ, де кафедрами факультету накопичений значний досвід проведення наукових розробок гідроімпульсних механізмів. Також автор брала участь у виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи (НДР) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ), передбаченої планами Міністерства освіти і науки України і виконаної на кафедрі металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв № 19К2 «Теорія розрахунку і розробки вібраційних процесів та обладнання», та згідно з договором про творчу співдружність № 19/8 (номер державної реєстрації 0111u901108) «Теоретичні основи процесів фазового розділення вологих дисперсних матеріалів в полі віброударних інерційних навантажень», як виконавець.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом на основі аналізу процесів, що виникають при взаємодії робочих органів з порошковими матеріалами, обґрунтуванні раціональних параметрів всього процесу, розробки перспективних алгоритмів математичних моделей вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом, експериментальних підтверджень отриманих результатів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати сучасний стан функціонування вібраційних машин і вібротехнологій та процеси формоутворення заготовок з порошкових матеріалів;
- розглянути процес формоутворення як технологічний комплекс (процес, машина, заготовка) та визначити найбільш доцільні напрямки

підвищення ефективності процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом;

- розробити модель, складання й обґрунтування множин вхідних і вихідних параметрів для оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу;

- розробити загальну методику дослідження щодо вивчення технологічних параметрів віброударного пресування;

- на основі отриманих експериментальних даних дослідити параметри систем технологічного комплексу для оцінювання процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом;

- розробити програму для автоматизації розрахунку основних параметрів інерційного навантаження заготовки та конструктивних параметрів інерційного вібропрес-молота (ІВПМ) у вигляді Web-сторінки за допомогою Java Script, яка відображає дані в глобальній мережі.

*Об'єкт дослідження:* процес формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні.

*Предмет дослідження:* закономірності зв'язків параметрів систем технологічного комплексу віброударного пресування порошкових матеріалів.

**Методи дослідження:** у теоретичних дослідженнях застосовано основні положення процесу формоутворення, математичного аналізу, теорії випадкових процесів, системного аналізу, теорії нечітких множин, а також результати і висновки авторів інших наукових досліджень. Комп'ютерну реалізацію математичних моделей проводили за допомогою програми MatLab, статистичний аналіз – Statistica 10.1. При проведенні експериментальних досліджень та для обробки результатів використано пакети стандартних програм комп'ютерної обробки експериментальних даних, регресивного та кореляційного аналізів. Для оцінки точності отриманих результатів і ступеня збіжності теоретичних і експериментальних досліджень використовувались методи математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукову новизну дисертаційної роботи становлять такі результати теоретичних та експериментальних досліджень:

- вперше запропонований системний підхід до підвищення ефективності процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом;
- вперше запропоновано проводити оцінювання ефективності роботи вібропресового обладнання з урахуванням всіх параметрів технологічного комплексу (заготовка, процес, машина) та визначені зв'язки між параметрами цих підсистем;
- запропоновано підходи оцінювання точності чисельних розрахунків надійності та ефективності роботи елементів ІВПМ;
- вперше створено модель для оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу на основі нечітких множин;
- отримали подальшого розвитку методика розрахунку параметрів інерційного навантаження заготовки та розрахунку конструктивних параметрів ІВПМ, на основі яких вперше застосували сучасні інноваційні Web-технології для розрахунку основних параметрів он-лайн.

### **Практичне значення одержаних результатів**

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблена методика підвищення ефективності процесів формоутворення заготовок порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом для реальних умов роботи. Розроблена програма у вигляді Web-сторінки для розрахунку параметрів інерційного навантаження заготовки та розрахунку конструктивних параметрів ІВПМ.

Основні практичні результати роботи впроваджені на ПРАТ «Обласний завод залізобетонних виробів і конструкцій» м. Вінниця (акт впровадження від 17. 06. 2015 р.). На підставі проведених досліджень та створених моделей були виявлені шляхи удосконалення роботи вібропресового обладнання та

запропоновано ряд заходів щодо поліпшення процесу формоутворення виробів, що підтверджено відповідним актом впровадження.

Отримані в роботі теоретичні положення та методики розрахунку використовуються на кафедрах «Металорізальні верстати та обладнання автоматизованих виробництв» ВНТУ та «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» ВНАУ.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, які відображають суть дисертації, одержані автором самостійно. Постановку задач, аналіз і трактування результатів виконано спільно з науковим керівником та частково, зі співавторами публікацій.

В працях, що опубліковані у співавторстві, автору належить: [31] – обґрунтування математичних моделей для оптимізації технологічних систем; [71] – автоматизація контролю якості виробів машинобудування; [73] – проведення дослідження технологічних процесів та системи; [74] – дослідження методів управління ефективністю та надійністю технологічних процесів в гнучких інтегрованих виробничих системах; [57] – розроблення методів діагностування вібраційних машин; [32] – запропоновані принципи підвищення ефективності обладнання з ГП; [59] – оцінено ефективність і надійність функціонування гідроімпульсного приводу; [62] – розроблені методи підвищення ефективності функціонування вібропресових машин; [60] – досліджено автоматизацію процесу вібраційних машин з гідроімпульсним приводом; [33] – створено модель системи підтримки прийняття рішень; [56] – проаналізовано та розроблено задачі моделювання для оптимізації структур та параметрів технологічних систем; [61] – проаналізовані технології з використанням вібрацій; [58] – запропоновані методи діагностування ресурсу роботи ГП ВМ; [99] – створено спосіб визначення ефективності функціонування гідроімпульсного приводу тривалої дії.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на наукових конференціях, а саме: Міжнародній науково-практичній конференції



«Теоретичні і експериментальні дослідження в технологіях сучасного матеріалознавства та машинобудування», 2007 р., м. Луцьк; III Міжнародній науково-практичній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 2008 р., м. Кременчук; Міжнародній науково-технічній конференції «Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення», 2009 р., м. Севастополь; IX Міжнародній науково-технічній конференції «Вібрації в техніці та технологіях», 2009 р., м. Вінниця; Третій всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Інформаційні технології», 2010 р., м. Севастополь; VII Міжнародній науково-практичній конференції «Наука в інформаційному просторі», 2011 р., м. Дніпропетровськ; XVII Міжнародній науково-практичній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» 2012 р., м. Черкаси; III Міжнародній науково-технічній - конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави», 2012 р., м. Вінниця; III Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації та трансфер технологій: від ідеї до прибутку», 2012 р., м. Дніпропетровськ; XI Міжнародній науково-технічній конференції «Вібрації в техніці та технологіях» 2012 р., м. Полтава; III Міжнародній науково-технічній конференції ТК-2014 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів», 2014 р., м. Луцьк; XIX Міжнародній науково-технічній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» 2014 р., м. Кіровоград; IV Міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» 2014 р., м. Чернігів; XLIV Регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, ВНТУ, 12–13 березня 2015 р.).

**Публікації.** Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 14 наукових працях, з них: 1 стаття у зарубіжному виданні; 7 статей у фахових наукових виданнях; 1 стаття в електронному виданні; 1 патент України; 4 тези доповідей на Міжнародних науково-технічних конференціях.

Автор висловлює щирі подяки д. т. н., проф. Р. Д. Ісковичу-Лотоцькому, д. т. н., проф. Н. Р. Веселовській, д. т. н. проф. В. М. Лисогору, к. т. н., доценту Р. Р. Обертюху за наукові консультації та допомогу, які були надані при обговоренні основних наукових положень при написанні кандидатської дисертації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. с. 149998 СССР, Класс 49 g, 10<sub>01</sub>. Одноцилиндровый инерционный гидравлический пресс / И. В. Кононов, И. Б. Матвеев, Р. Г. Давыдова (СССР). – № 751160/25-8 ; заявлено 09.11.61; Опубл. 01.09.62, Бюл. № 17. – 3 с. : ил.
2. А. с. 337259 СССР, В28в 1/08. Способ изготовления пористых керамических изделий / И. П. Горлов, Б. Х. Седунов, В. Н. Соков (СССР). – № 14850000/29-33 ; заявлено 03.11.70 ; опубл. 04.06.72, Бюл. № 15. – 2 с.
3. А. с. 429877 СССР, М. Кл. В21j 9/06. Гидравлический инерционный вибропресс / И. В. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий, В. А. Пишенин (СССР). – № 1793622/25-27 ; заявлено 31.05.72 ; опубл. 30.05.74, Бюл. № 20. – 2 с.
4. А. с. 515657 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> В30в 15/02. Пресс-форма для вибрационного прессования порошка / Ю. В. Трухан, Ю. М. Шуляков (СССР). – № 2037917/29-33 ; Заявлено 25.06.74 ; опубл. 12.07.76, Бюл. № 26. – 3 с. : ил.
5. А. с. 577076 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> В21j 9/06. Вибропресс с импульсным гидроприводом / Р. Д. Искович-Лотоцкий и др. (СССР). – № 2310997/25-27 ; заявлено 06.01.76 ; опубл. 25.10.77, Бюл. № 39. – 4 с. : ил.
6. А. с. 595550 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> F15B21/12. Гидравлический вибратор / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Б. Н. Пентюк (СССР). – № 2319462/25-28 ; заявлено 30.01.76 ; опубл. 28.02.78, Бюл. № 12. – 3 с. : ил.
7. А. с. 601509 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> F16k17/10. Клапан для гидроимпульсного привода / И. В. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий (СССР). – № 2126930/25-08 ; заявлено 21.04.75 ; опубл. 05.04.78, Бюл. № 13. – 2с.: ил.
8. А. с. 626296 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> F16k17/10. Импульсный клапан /

- Р. Д. Искович-Лотоцкий, Н. Н. Вирник (СССР). – № 2464462/25-06 ;  
заявлено 21.03.77 ; опубл. 30.09.78, Бюл. № 36. – 3 с. : ил.
9. А. с. 647112 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> В28В1/08. Виброплита к устройству для  
прессования изделий с подвижных материалов / Р. Д. Искович-  
Лотоцкий и др. (СССР). – № 2425399/29-33 ; заявлено 01.12.76 ;  
опубл. 15.02.79, Бюл. № 6. – 2 с. : ил.
  10. А. с. 658320 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> F15В21/12. Гидроимпульсный клапан /  
И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий, Р.Р. Обертюх (СССР). –  
№ 2141603/25-06 ; заявлено 29.05.75 ; опубл. 25.04.79, Бюл. № 15. –  
3 с. : ил.
  11. Азарова А. О. Математичні моделі та методи оцінювання фінансового  
стану підприємства / А. О. Азарова, О. В. Рузакова. — Вінниця : ВНТУ,  
2010. — 172 с.
  12. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов / П. Н. Аксенов –М. :  
Машиностроение, 1977. – 510 с.
  13. Артоболевский И. И. О машинах вибрационного действия / И. И.  
Артоболевский, А. П. Бессонов, А. В. Шляхтин – М. : Изд. АН СССР,  
1956. – 47 с.
  14. Бабичев А. П. Вибрационная обработка деталей / А. П. Бабичев – [2-е  
изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1974. – 134 с.
  15. Баранов В. Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные  
машины / В. Н. Баранов, Ю. Е. Захаров – М. : Машиностроение, 1977. –  
326 с.
  16. Бартенов В. Д. Разработка машины для съема плодов со срезанных  
ветвей облепихи / В. Д. Бартенов // Ползуновский альманах. – 2005. –  
№ 1. – С. 16–17.
  17. Беликов О. А. Системно-структурный метод проектирования  
автоматических формовочных машин / О. А. Беликов // Литейное  
производство. – 1978. – №4. – С. 10–13.

18. Бальшин М. С. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна / М. С. Бальшин – М. : Металлургия, 1972. – 336 с.
19. Бауман В. А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В. А. Бауман, И. И. Быховский – М. : Высшая школа, 1977. – 255с.
20. Башта Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т. М. Башта – М. : Машиностроение, 1972. – 354 с.
21. Белов С. В. Пористые металлы в машиностроении / С. В. Белов – М. : Машиностроение, 1981. – 247 с.
22. Берник П. С. Конвеєрні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки / П. С. Берник, І. П. Паламарчук – К. : Вища школа, 1996. – 237 с.
23. Богоявленский К. Н. Исследование электрогидро-импульсного прессования огнестойких порошковых материалов Огнеупоры. / К.Н. Богоявленский, В.А. Кузнецов // – 1982. - №9. – С. 45 – 49.
24. Бондаренко В. П. Прессование заготовок с твердосплавных смесей / В. П. Бондаренко, Г. Ю. Фрейдин, В. С. Мендельсон – Киев : Техніка, 1974. – 140 с.
25. Бочаров Ю. А. Основы общей теории гидравлических кузнечно-штамповочных машин / Ю. А. Бочаров // Машины и технология обработки металлов давлением.–1980. – Тр. МВТУ № 335. – С. 12–40.
26. Бочаров Ю. А. Структурно-морфологическая классификация кузнечно-штамповочных машин и установок / Ю. А. Бочаров // Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. – №11. – С. 30 – 35.
27. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники. / И.И. Быховский // – М. : Машиностроение, 1969.–363 с.
28. Варсанюфьев В. Д. Некоторые вопросы теории и расчета вибрационных машин с гидравлическим приводом / В. Д. Варсанюфьев, И. Ф. Гончаревич Изд. ИГД. им. А. А. Скочинского, 1965.–178 с.

29. Вербицкий В. И. Современные тенденции совершенствования встряхивающих формовочных машин / В. И. Вербицкий, О. И. Гайн // Литейное производство. – 1983. – № 3.– С. 30–31.
30. Веселовська Н. Р. Задачі моделювання технологічних систем / Н. Р. Веселовська, В. Б. Струтинський, О. В. Зелінська // Всеукраїнський НТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». – 2007. - № 2(47). - С.16-20.
31. Веселовська Н. Р. Задачі математичного моделювання для оптимізації технологічних систем / Н. Р. Веселовська, В. М. Лисогор, О. В. Зелінська // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – № 1. – Том 11.–С. 143-151.
32. Веселовська Н. Р. Загальні принципи підвищення надійності та ефективності діагностування обладнання з гідроімпульсним приводом / Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика» – 2012. – №1(35). – С.103–108.
33. Веселовська Н. Р. Створення адекватної моделі системи підтримки прийняття рішень / Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Інновації та трансфер технологій: від ідеї до прибутку» – Дніпропетровськ, 2012. – С. 189-190.
34. Вибрации в технике : справочник в 6-ти т. / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – М. : Машиностроение, 1981. – Т.4: Вибрационные процессы и машины / под ред. Е. Е. Лавендела. – 1981. – 509 с
35. Вибрации на производстве / [Э. А. Дрогичина, Н. Н. Малинская, Н. Б. Метлина и др.]. – М. : Медицина, 1971. – 238 с.
36. Вибрационное прессование огнеупорных масс / В. М. Ям, В. Т. Олейник, У. Ф. Степанов и др. // Огнеупоры. – 1973. – № 10. – С. 1–7.
37. Вибрационное уплотнение карбид-кремниевых масс / В. М. Ям,

- Н. К. Евсеенко, В. Т. Олейник и др. // Огнеупоры. – 1966. – № 10. – С. 30–33.
38. Вибрационные машины в строительстве и производстве : Справочник / [под ред. В. А. Баумана, И. И. Быховского и Б. Г. Гольштейн]. – М. : Машиностроение, 1970. – 548 с.
39. Вибропрессование фасонных огнеупорных изделий / В. Т. Олейник, В. М. Ям, Н. И. Выростков и др. // Огнеупоры. – 1981. – № 4. – С. 27–31.
40. Вибропрессование фасонных шамотных изделий / В. Т. Олейник, В. М. Ям, У. У. Власов и др. // Огнеупоры. – 1978. – № 6. – С. 31–34.
41. Виброформование заготовок для получения изделий из монолитного поликристаллического карбида кремния на Броварском заводе порошковой металлургии / [В. В. Иващенко, Г. Г. Гнесин, Э. Я. Попиченко и др.]. // Порошковая металлургия. – 1976. – № 7. – С. 96–99.
42. Влияние технологических факторов на характеристики брикетов из огнеупорных материалов при гидродинамическом прессовании / [Л. Н. Афанасьев, С. Г. Барай, О. В. Роман и др.]. // Огнеупоры. – 1983. – № 9. С. 5–9.
43. Волошин-Челпан Э. К. Определение оптимальных режимов вибрационного формования / Э. К. Волошин-Челпан, Г. Н. Петров // Тр. Всесоюз. научно-техн., конф. по металлокерамическим материалам и изделиям. – Ереван, 1973. – С. 105–108.
44. А. с. 1199434 СССР, МКИ В 22 С 15/30. Встряхивающая формовочная машина / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Н. Н. Вирнык (СССР). – №3453888/22–03 ; заявлено 18.06.82 ; опубл. 23.12.85, Бюл. № 47. – 2 с.
45. Гнесин Г. Г. Беспористый поликристаллический карбид кремния и его применения в технике высоких температур / Г. Г. Гнесин // Тугоплавкие карбиды. – Киев : ИПМ АН УССР, 1970. – 38 с.

46. Гончаревич И. Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И. Ф. Гончаревич, К. В. Фролов. – М. : Наука, 1981. – 320 с.
47. Горбатов А. В. Перспективы использования виброволновых методов обработки сырья в пищевой промышленности. / А. В. Горбатов, А. В. Гноевой, Ю. А. Мачихин. – М. – 1985. – 407 с.
48. Горский А. И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / А. И. Горский. – М. : Машиностроение, 1978. – 551 с.
49. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотнящих машин / [М. Е. Иванов, И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Дотоцкий и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 174 с.
50. Джонс В. Д. Основы порошковой металлургии. Прессование и спекание / В. Д. Джонс ; пер. с англ. – М. : Мир, 1965. – 326 с.
51. Джарратано Д. Ж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Дж. Джарратано, Г. Райли : пер.с англ. –М. О «И. Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
52. Дородный Б. А. Исследования и разработки технологии изостатического прессования крупногабаритных огнеупорных изделий : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.11. – Свердловск, 1978. – 21 с.
53. Дородный Б. А. Вибровакуумное уплотнение тонкодисперсных порошков и его влияние на гидростатическое прессование / Б. А. Дородный, Е. У. Дегтярева // Огнеупоры. – 1977. – № 8. –С. 32–38.
54. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Ротационные машины. Импульсные штамповочные устройства / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников. – Киев: Вища школа, 1972. – 279 с.
55. Зелінська О. В. Актуальні проблеми підвищення надійності та ефективності діагностування сільськогосподарської техніки / О. В. Зелінська, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська // Збірник наукових праць, серія «Галузеве машинобудування, будівництво» –



- Полтава. – 2009. – Випуск 3(25), Том 2. – С. 91–94.
56. Зелінська О.В. Математичні задачі моделювання для оптимізації структур та параметрів технологічних і інформаційних систем. / О. В. Зелінська // Матеріали II міжнародної науково-методичної конференції «Інноваційний розвиток: економіка, управління, інформаційні технології, право, освіта». – Вінниця, 2014. – С. 95–99.
  57. Зелінська О. В. Методи діагностування вібраційних машин. / О. В. Зелінська // Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки. – 2010. – Випуск № 5. – С. 23–27.
  58. Зелінська О. В. Методи діагностування ресурсу роботи гідроімпульсного приводу вібропресової машини. / О. В. Зелінська // Сучасні вібраційні технології, машини, обладнання та динамічні процеси в них. – 2013. – <http://www.vibrokonf.vntu.edu.ua>
  59. Зелинская О. В. Оценка эффективности и надежности функционирования гидроимпульсных приводов. / О. В. Зелинская // Журнал актуальной научной информации. «Аспирант и соискатель». – Москва, 2013. – №6.– С. 150–155.
  60. Іскович-Лотоцький Р. Д. Автоматизація процесу діагностування вібраційних машин з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Міжнародна наук. технічна конф. «Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення». – Севастополь : Видавництво СевНТУ, 2009. – С. 203–205.
  61. Іскович-Лотоцький Р. Д. Сучасний стан впровадження безвідходних та маловідходних технологій з використанням вібрацій / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Збірник наукових праць III Міжнародної науково-технічної конференції ТК-2014 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів» – ЛНТУ, 2014. – С. 28–30.
  62. Іскович-Лотоцький Р. Д. Підвищення ефективності функціонування вібропреса з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Іскович-Лотоцький,

- Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Всеукраїнський НТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». – 2015. – № 2(78). – С. 75–79.
63. Иванов М. Е. Специальная аппаратура управления короткоходовыми возвратно-поступательными и вращательными перемещениями / М. Е. Иванов, Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. В. Коц – М. : НИИМаш, 1982. – 52 с.
64. Иващенко В. В. Влияние инерционного нагружения на процесс вибрационного уплотнения порошковых материалов / В. В. Иващенко // Порошковая металлургия. – 1972. – № 5. –С. 18 – 21.
65. Иващенко В. В. Исследование некоторых параметров и особенностей вибрационного уплотнения порошковых материалов : дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : 0.171. – Киев, 1966. – 223 с.
66. Искович-Лотоцкий Р. Д. Разработка, теоретическое и экспериментальное исследование новой конструкции вибропрес-молота для прессования деталей из материала на основе карбида кремния: дис. канд. техн. наук: 05.03.05 / Искович-Лотоцкий Ростислав Дмитриевич – М.: 1974. – 213 с.
67. Искович-Лотоцкий Р. Д. Вибрационные прессы / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев – М. : НИИмаш, 1979. – 50 с.
68. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. В. Матвеев, В. А. Крат. – Киев : Техніка, 1982. – 208 с.
69. Искович-Лотоцкий Р. Д. Экспериментальное исследование рабочих режимов виброударного прессования / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Б. Н. Пентюк // Кузнечно-штамповочное производство. – 1982. – № 4. – С. 33–35.
70. Полукарова З. М. Использование вибрационного уплотнения для повышения прочности прессовок / З. М. Полукарова, И. Г. Шаталова, Р. К. Юсупов, Е. Д. Щукин // Порошковая

металлургия. – 1968. – № 6. – С. 54 – 56.

71. Пивоваров А. Д. Исследование и разработка технологии формования карбид-кремниевых капсул / А. Д. Пивоваров, В. М. Ям, Г. Е. Карась и др. // Огнеупоры. – 1978. – №4. – С. 10–13.
72. Іскович-Лотоцький Р. Д. Автоматизований контроль якості виробів машинобудування / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – Випуск 4/2008(51), частина 2. – С. 155-158.
73. Іскович-Лотоцький Р. Д. Спеціальні методи і технології контролю багатокоординатного механообробного обладнання / Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. Б., Струтинський, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика». – 2009 – №2(24). – С. 83–88.
74. Іскович-Лотоцький Р. Д. Управління ефективністю та надійністю технологічних процесів в гнучких інтегрованих виробничих системах / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Вісник НТУУ «Київський технічний інститут машинобудування». – 2009 – С. 266–270.
75. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 338 с.
76. Іскович-Лотоцький Р. Д. Розрахунок параметрів вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом для зневоднення вторинних продуктів переробних та харчових виробництв / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2007. – № 3 (109), Ч. 1. – С. 105–108.
77. Іскович-Лотоцький Р. Д. Вібраційні та віброударні процеси та машини у ливарному виробництві : монографія / Р.Д. Іскович-

- Лотоцький, М. М. Вірник, Н. Р. Веселовська – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007.– 198 с.
78. Жданович Г. М. Теория прессования металлических порошков / Г. М. Жданович – М. : Metallurgia, 1969. – 184 с.
79. Канарчук В. Є. Надійність машин : підручник. / В. Є. Канарчук –К. : Либідь, 2003. – 424 с.
80. Кильчевский Н. А. Теория соударения твердых тел / Н. А. Кильчевский – Киев : Наукова думка, 1969. – 237 с.
81. Кононов И. В. Новые гидравлические кузнечно-прессовые машины и гидроприводы / И. В. Кононов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1970. – № 7. – С. 26–28.
82. Корн. Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 831 с.
83. Кунин Н. Ф. Закономерности прессования порошков разных материалов / Н. Ф. Кунин, Б. Д. Юрченко // Порошковая металлургия. – 1964. – № 2. – С. 39 – 41.
84. Лисогор В. М. Алгоритмічна модель випадкового пошуку задач ідентифікації багатостадійного технологічного процесу. / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун // Вісник Хмельницького університету. – 2009. – № 1. – С. 217–220.
85. Магнезиальные стаканы для скоростного разливания стали, изготовленные вибропрессованием / [В. М. Ям, В.В. Мирошниченко, Л. Я. Осипова и др.] // Огнеупоры. – 1978. – № 3. – С. 6–13.
86. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / [Г. А. Гулый, П. П. Малюшевский, Е. В. Кривицкий и др.]; под ред. Г. А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
87. Малюшевский П. П. Использование электрогидравлического эффекта в порошковой металлургии / П. П. Малюшевский, А. Б.

- Толстых // Порошковая металлургия. – 1979. – № 5. – С. 22–26.
88. Масленников И. Е. Разработка и исследование гидравлических прессов с пульсирующей нагрузкой для калибрования труб и профилей : автореф. дис. на соискателя степени канд. техн. наук : 05.04.04. / И.Е. Масленников – М., 1975. – 25 с.
  89. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия / И. Б. Матвеев – М. : Машиностроение, 1974. – 184 с.
  90. Матвеев И. Б. Гидравлический вибропресс-молот для порошковой металлургии / И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий // Кузнечно-штамповочное производство. – 1976. – № 3. – С. 25–28.
  91. Матвеев И. Б. Новые виды элементов управления гидроимпульсным поводом / И.Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий // Вестник машиностроения. – 1976. – № 3. – С. 19–21.
  92. Мудров В. И. Методы обработки измерений / В. И. Мудров, В. Л. Кушко – М. : Советское радио, 1976. – 192 с.
  93. Муха И. М. Вибрационное прессование, твердосплавных порошков / И. М. Муха, М. Н. Довбищук, А. Л. Мороз // Технология и организация производства. – 1969. – № 3. – С. 83–85.
  94. Об опыте изготовления погружных стаканов и стопор- моноблоков методом гидростатического прессования / В. Г. Сиваш, Е. Д. Посохова, Н. Т. Дырда и др. // Огнеупорные материалы для оптического стекловарения : сб. тр. Госуд. оптич. ин-та. – М., 1977. – С. 26–27.
  95. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / Г. А. Гулый, П. П. Малюшевский, Е. В. Кривицкий и др. ; под ред. Г. А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
  96. Опытно-промышленный образец вибропресса усилием 20 тс. / И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий, Р. Р. Обертюх и др. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1978. – № 5. – С. 34–37.

97. Паламарчук Ігор Павлович. Науково-технічні основи розроблення енергозберігаючих вібротрибун механічної дії харчових і переробних виробництв : автореф. дис ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Ігор Павлович Паламарчук; В.о. Київ. нац. ун-т харч. технологій.– К. : Б.В., 2008.– 44 с.
98. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний / Я. Г. Пановко – М. : Наука, 1980. – 270 с.
99. Патент № 88882 Україна МПК (2014.01) G01M 13/00. Спосіб визначення ефективності функціонування гідроімпульсного приводу тривалої дії / Веселовська Н. Р, Зелінська О. В., Рубаненко О. О.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № U2013 09935 : заявл. 09.08.2013 ; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7
100. Пат. 34261А Україна, МПК6 B28B 3/00. Спосіб вібропресування формувальних сумішей / Р. Д. Іскович-Лотоцький, М. М. Вірник, О. А. Рагозін, В. О. Пішенін (Україна). заявл. 18.06.99 ; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 2. – 5 с.
101. Пат. 34261А Україна, МПК6 B28B 3/00. Спосіб вібропресування формувальних сумішей / Р. Д. Іскович-Лотоцький, М. М. Вірник, О. А. Рагозін, В. О. Пішенін ; заявл. 18.06.99 ; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 2. – 5 с.
102. Платонов Б. П. Пневматика или гидравлика / Б. П. Платонов // Литейное производство. – 1997. – № 3. – С. 11–12.
103. Попильский Р. Я. Прессование керамических порошков / Р. Я. Попильский, Ф. В. Кондрашов – М. : Metallurgiya, 1968. – 272 с.
104. Потураев В. Н. Исследование процесса вырубки на гидравлических прессах с применением вибраций / В. Н. Потураев, А. Ф. Миронюк // Кузнечно-штамповочное производство. – 1969. – № 11. – С. 21–22.
105. Потураев В. Н. Некоторые результаты исследования вибрационного уплотнения металлических порошков на вибропрессах /

- В. Н. Потураев, А. Ф. Миронюк, Н. Н. Пендраковский // Порошковая металлургия. – 1975. – № 12. – С. 23–27.
106. Принципы классификации процессов формования порошковых материалов / К. Н. Богоявленский, В. А. Кузнецов, К. К. Мартенс и др. // Порошковая металлургия. – 1985. – № 6. – С. 89–94.
107. Прищепионок Л. А. Исследование экспериментального образца прессы для вибрационной зачистки модели ИМ-61 / Л. А. Прищепионок, В. А. Мельник, А. Л. Рягузов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1972. – № 9. – С. 27–28.
108. Производство огнеупоров полусухим способом. / [А. К. Карклит, А. П. Ларин, С. А. Лосев и др.] – М. : Металлургия, 1972. – 368 с.
109. Промышленное освоение виброударного формования карбид-кремниевых огнеупоров. / В. М. Ям, В. Т. Олейник, С. В. Плиневский и др. // Огнеупоры. – 1970. – № 8. – С. 7–12.
110. Радомысельский И. Д. Конструкционные порошковые материалы / И. Д. Радомысельский, Г. Г. Сердюк, Н. И. Щербань – Киев : Техніка, 1985. – 152 с.
111. Радомысельский И. Д. Производство и использование порошковых деталей в легкой промышленности / И. Д. Радомысельский, Д. С. Ясь, В. И. Павленко – Киев : Техніка, 1982. – 175 с.
112. Разработка и исследование вибрационного импульсного прессы для формообразования заготовок порошковой металлургии : отчет НИР / Винницкий политехнический институт. Руководитель И. Б. Матвеев. – № ГР76026910 ; Инв № Б491804. – Винница, 1976. – 122 с.: ил. – Отв. исполн. Р. Д. Искович-Лотоцкий.
113. Разработка, исследование и изготовление опытных образцов вибрационного оборудования для прессования огнеупорных масс : отчет о НИР / Винницкий политехнический институт. – Руководитель Р. Д. Искович-Лотоцкий. – № ГР76095626 ; Инв. №Б857130. – Винница, 1979. – 93 с.: ил. – Отв. исполн. Б. Н. Пентюк.

114. Раковский В. С. Порошковая металлургия в машиностроении : Справочное пособие / В. С. Раковский, В. В. Саклинский – М. : Машиностроение, 1972. – 126 с.
115. Растригин Л. А. Введение в идентификацию объектов управления / Л. А. Растригин, Н. Е. Маджаров. – М.:Энергия, 1997. – 215с.
116. Ротштейн О. П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О. П. Ротштейн – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.
117. Свойства порошков металлов, тугоплавких соединений и спеченных материалов : информационный справочник. – Киев : Наукова думка, 1978. – 184 с.
118. Серенсен С. В. Динамика машин для испытания на усталость / С. В. Серенсен, М. Э. Гарф, В. А. Кузьменко – М. : Машиностроение, 1967. – 460 с.
119. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов – М. : Машиностроение 1977. – 423 с.
120. Тябликов Ю. Е. Гидравлическое возбуждение переменных нагрузок и движений в технике механических испытаний : дис. докт. техн. наук : 01.02.06. / Тябликов Ю. Е. – М, 1974. -2 т.: Т1. – 287 с.; Т2. – 267 с.
121. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский – М. : Наука, 1966. – 724 с.
122. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. –М.: Знание, 1975. –65 с.
123. Файкин В. И. Исследование процесса вибрационного формирования пористых труб из порошковых материалов. : автореф. дис. на соискателя канд. техн. наук : спец. 0.171. / В.И. Файкин – М., 1970. – 21 с.
124. Файкин В. И. О влиянии пригруза при виброформовании изделий из порошковых материалов / В. И. Файкин, Г. Н. Петров,



- Э. К. Волошин-Челпан // Уч. записки Моск. ин-та тонкой хим. технол. – 1970. – № 2. – С. 202–207.
125. Формовочная машина: А.с. 1683860 СССР, МКИ В 22 С 15/14. / В. И. Вербицкий, А. В. Коньшев (СССР). – № 4749634/02 ; заявлено 14.10.89 ; опубл. 15.10.91, Бюл. № 38. – 3 с.
126. Ям В. М. Плотность изделий из полусухих карбид-кремниевых масс при виброударном уплотнении / В. М. Ям, В. Ф. Степанов, Н. К. Евсеенко // Огнеупоры. – 1969. – № 11. – С. 17–19.
127. D. Hofman. Handbuch Messtechnik und Qualitätssicherung. Zweite stark bearbeitete Auflage. – Berlin: VEB Verlag Technik, 1981. – 472 S.
128. Nelson D. B. Performance and methodology of a digital random vibration control system // “Institute of Environmental Sciences”, Annual technical meeting Proceedings, 1973. – P. 187-191.
129. Iskovich-Lototkiy R. D. Dynamics of vibration machines by hydroimpulsive drive / R. D. Iskovich-Lototkiy. – Poznan: Vibration in physical systems, 1996. – P. 1170-1173.
130. Iskovich-Lototkiy R. D. New hydraulic and pneumatic vibration exciters of technology machines / R. D. Iskovich-Lototkiy. – Poznan: Vibration in physical systems, 1998. – P. 818-812.