

ВІДГУК

на дисертаційну роботу Дєдова Олега Павловича «Створення енергоощадних віброущільнюючих машин будівельної індустрії на основі ціленаправленої гармонізації руху», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.02 – машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій

На рецензію подана дисертація, що складається із вступу, шести розділів, загальних висновків і додатків, списку літератури, а також автореферат дисертації та публікації автора.

Загальна оцінка роботи

Актуальність теми дисертації обумовлена розробкою науково-обґрунтованих методів розрахунку нового класу вібраційних машин та пристроїв на основі цілеспрямованої гармонізації руху робочих органів та оброблюваних середовищ. Обґрунтування теми побудовано на аналізі основних положень теорії робочого процесу ущільнення бетонних сумішей, розрахункових моделей системи «вібромашина – оброблювальне середовище», огляді існуючих конструкцій вітчизняного та закордонного виробництва, оцінці їхніх технічних, конструктивних і технологічних параметрів. Ущільнення є основним процесом в технології виробництва збірного залізобетону і має вирішальний вплив на якість виробів, загальну трудомісткість робіт та технологічну ефективність. Автор дисертаційної роботи для вирішення існуючої проблеми пропонує застосування ідеї використання внутрішніх властивостей машини і оброблювального середовища для реалізації ефективних режимів. Реалізація ідеї базується на дослідженні напружень та деформацій в робочих органах вібромашин і оброблювальних середовищах з подальшим використанням в методах

проекування для створення машин, установок та пристроїв із статичним та динамічним навантаженням.

Актуальність роботи підтверджується також тим, що вона відповідає напрямкам дослідження кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури та науково-дослідних дербюджетних тем «Теорія взаємодії технічних систем будівельного виробництва статичної і динамічної дії з напружено-деформованим середовищем» (№ держреєстрації 0107U000448), «Теоретичні основи руху землерийних і ущільнювальних машин будіндустрії з керованими у часі оптимальними параметрами» (№ держреєстрації 0110U002179) та «Теоретичні умови руху закономірностей зміни стану дисперсних середовищ під дією силових навантажень технологічними системами» (№ держреєстрації 013U000288).

Таким чином, обрана у представленій дисертаційній роботі тематика досліджень є актуальною, так як направлена на створення високоефективних вібраційних установок, які забезпечують підвищення якості та продуктивності виробництва, зменшення металомісткості обладнання, і як наслідок зменшення затрат енергії на робочий процес.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій базується на коректному використанні класичної теорії механічних коливань і суцільних середовищ, прикладної механіки, застосуванні сучасних методів планування і обробки експериментальних досліджень, для виконання яких використана сучасна апаратура.

Базою для доведення обґрунтованості наукових положень є новизна, що підтверджена не тільки новими науковими рішеннями за режимами і параметрами коливань, а й патентами України на корисні моделі. Висновки і рекомендації обґрунтовані та підтверджені впровадженням результатів досліджень у виробництво на підприємствах ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій №1», ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», ПП «Випробувальний центр технічної діагностики»,

Харківської та Південно-Української філій «Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого».

Достовірність отриманих результатів обумовлена коректним вибором фізичних та математичних моделей, використанням фундаментальних законів фізики, класичної теорії механічних коливань і суцільних середовищ, з достатнім (до 17 %) співпаданням теоретичних та експериментальних даних.

Наукова новизна результатів досліджень полягає в наступному.

– встановлені закономірності зміни руху вібраційних систем «машина – середовище» із реалізацією заданого та ціленаправленого режиму з мінімізацією енергії та матеріалоємності машини;

– визначені закони зміни напружень і деформацій в умовах статичного та динамічного навантаження металоконструкцій в полі діючих сил;

– отримані аналітичні залежності для визначення пружно-інерційних та дисипативних сил з різною природою їх зміни, які слугують передумовою для раціонального розподілу напружень в елементах конструкцій машин для забезпечення ціленаправленого режиму.

Новизна досліджень також підтверджується патентами України на корисні моделі.

Наукова та практична цінність одержаних в дисертаційній роботі результатів досліджень.

Наукова цінність роботи полягає у вдосконаленні методології та методики оцінки напружень і деформацій в елементах конструкцій будівельних машин в полі статичної та динамічної дії. Важливою складовою наукового здобутку є методика раціонального конструювання елементів машин із реалізацією раціонального розподілу напружень за умов статичних і динамічних дій. Запропонованим аналітичним вкладом в наукову цінність

роботи є також метод оцінки впливу оброблювального середовища на параметри віброустановок.

Практична цінність роботи полягає: у розробці принципів створення енергоощадної вібраційної техніки, запропонованим напрямком врахувань напружень і деформацій в новостворених машинах з метою зменшення маси та підвищення надійності; в запропонованій здобувачем методиці інженерного розрахунку динамічних та конструктивних параметрів вібраційних установок із просторовими коливаннями для формування легкобетонних виробів складної конфігурації. Дана методика забезпечує високу технологічну ефективність формування залізобетонних виробів за рахунок врахування передачі бетонній суміші вібраційних коливань. Розроблені алгоритми розрахунку параметрів і режимів основного класу вібромашин поверхневого та об'ємного ущільнення сумішей мають суттєву практичну цінність для їх використання на практиці та в навчальному процесі.

До практичних результатів дисертаційної роботи варто віднести створену дослідну експериментальну установку із просторовими коливаннями, яка відображає ефективність та результати наукових гіпотез роботи.

Методи та результати досліджень запропоновані до використання інженерно-технічними працівниками, які займаються конструюванням вібраційної техніки, використані в курсовому та дипломному проектуванні при підготовці бакалаврів та магістрів зі спеціальності «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання».

Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи в наукових фахових виданнях. Результати дисертаційного дослідження опубліковано в 53 роботах: 2 монографіях у співавторстві, 19 публікаціях у фахових наукових виданнях України, 4 з яких індексуються в науково-метричних базах, 4 у закордонних виданнях, 19 тезах доповідей на науково-

технічних конференціях, 7 патентах України на корисну модель, двох роботах, які додатково відображають результати досліджень.

В опублікованих здобувачем наукових працях достатньо повно викладені результати наукового дослідження: відображені оцінка та стан проблеми досліджень, аналіз основних положень теорії робочого процесу ущільнення бетонних сумішей, оцінка параметрів та режимів віброущільнення будівельних сумішей, огляд подібних розрахункових моделей, аналіз конструктивних і технологічних параметрів віброплощадок і віброустановок заводів будіндустрії, результати теоретичних та експериментальних досліджень, розрахунок та конструювання запропонованих вібраційних установок, чисельні обчислення основних параметрів розроблених конструкцій, сформульовані сутності винаходів, наукові положення, висновки, рекомендації та результати впровадження.

Кількість публікацій цілком відповідає вимогам відносно апробації результатів дисертаційної роботи.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації.

Оцінка змісту окремих розділів дисертації

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Матеріали теоретичних і експериментальних досліджень проілюстровані, 132 рисунками та містять 15 таблиць.

У **вступі** роботи обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та основних напрямків досліджень, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано, в чому полягає новизна та практичне значення отриманих результатів, висвітлено особистий внесок здобувача при отриманні результатів, наведені результати апробації.

У першому розділі – «Стан проблеми. Оцінка та аналіз конструктивних і технологічних параметрів вібраційної техніки та устаткування статичної і динамічної дії» здійснений огляд та оцінка застосування та конструктивні особливості ущільнюючої техніки, виконана оцінка проектних рішень конструкцій машин для ущільнення будівельних сумішей, робочих органів і допоміжного устаткування. Проведений загальний аналіз фізико-математичних моделей для розрахунку конструктивних елементів та параметрів робочого процесу.

Проведений аналіз та оцінка існуючих досліджень напружень і деформацій плоских поверхонь засвідчує про відсутність можливого використання подібних результатів як методу для подальшого розвитку вібраційної техніки будівельної індустрії. Відмічені успіхи в розвитку класичної теорії коливань механічних систем та теорії суцільних середовищ. Визначена роль вчених у дослідженні теорії вібраційної техніки, виконаними в пошуку та визначенню раціональних режимів і параметрів вібраційної технології, які стали вихідною інформацією для реалізації вдосконалення існуючих та розробки нових машин будівельної індустрії.

Зазначені вище наукові та практичні результати повністю розкривають сутність проблеми і стали передумовою обґрунтування мети, формулювання задач, розробки методології та методів дисертаційного дослідження.

Зауваження до першого розділу:

1. Проведений аналіз конструктивних параметрів вібромайданчиків перевантажений і в той же час відсутні дані щодо поверхневих вібромашин.

2. Приведені дослідження розподілу амплітуд коливань по периметру форми вібромайданчика варто було навести у другому розділі.

У другому розділі «Методологія та методи досліджень режимів, параметрів, напружень та деформацій в робочих елементів машин і пристроїв статичної та динамічної дії» наведені методи дослідження систем складної структури. Автором здійснена оцінка напрямків вибору

математичних моделей, розглянуті методологічні підходи та визначені методики для вивчення реальних фізичних процесів, які відбуваються у складних системах.

Важливим аспектом на мою думку є структура та послідовність викладеного матеріалу даного розділу. Обумовлений такий висновок логічною будовою, достатньо ефективним матеріалом, який свідчить про наукову зрілість автора дисертації.

Серед теоретичних методів вивчення складних систем, автор виділив два напрямки створення математичних моделей. Перший розрахунково-теоретичний, який полягає у складанні математичних моделей, що базуються на застосуванні фундаментальних законів механіки дискретних та континуальних систем, виражених аналітичними залежностями. Ефективно використані загальні методи аналітичної механіки, теорії машин і механізмів, опору матеріалів, теорії коливань. Математичні моделі утворені розрахунково-теоретичним шляхом засвідчують повне розуміння автором фізико-механічних властивостей як конструкційних матеріалів так і зовнішнього середовища, яке здійснює вплив на машину.

Автором підібрані параметри машини, які забезпечують її рух, таким чином, що реактивні і активні складові опору машини узгоджені із активними і реактивними складовими середовища, що відкриває можливість для врахування цієї обставини для створення машин нового покоління.

Другий – теоретично-експериментальний полягає у вивченні машини на основі співвідношення відомих математичних залежностей і з невідомими параметрами, які визначаються на основі проведених експериментальних дослідженнях фізичних моделей машин і процесів із застосуванням відповідних масштабних коефіцієнтів.

При обґрунтуванні та виборі математичної моделі досліджуваних систем були застосовані принципи, які забезпечують простоту та використання найбільш наближеної, адекватної реальним умовам моделі.

У розділі приділена значна увага обґрунтуванню та формулюванню математичного моделювання, яке залежить від механічних характеристик

конструкційних матеріалів та вивчення роботи складних вузлів несучих елементів конструкцій.

Варто звернути увагу на логічний алгоритм такого дослідження, який полягає у наступному:

1. З метою визначення напружень і деформацій здійснюється аналіз розрахунків конструктивних елементів машини з точки зору врахування всіх видів навантажень, які здійснювались (або будуть здійснені) при проектуванні машини.

2. Створюється геометрична та комп'ютерна модель об'єкту дослідження найбільш навантажених вузлів, конструктивних елементів.

3. Визначається можливість сукупність навантажень, що діють на елементи.

4. Проводиться попереднє моделювання і розрахунки по визначенню поведінки конструктивних елементів системи з метою перевірки цілісності та правильності прийнятих рішень при створенні моделі.

5. Перевіряються проектні рішення, шляхом моделювання сумісної роботи навантажень на комп'ютерних моделях здійснюється оцінка та аналіз напружено-деформованого стану, виявлення найбільш напружених елементів конструкції.

6. Розробляється комп'ютерній моделі матриця точок контролю значень характеристик напружень і деформацій стану конструкції для подальшого застосування при натурних випробуваннях.

7. Проводяться натурні та модельні комп'ютерні експерименти шляхом прикладання визначених навантажень на реальний зразок та на його модель.

8. Здійснюється уточнення математичної моделі шляхом комп'ютерних експериментів поки результати будуть відрізнятись між собою в межах допустимої похибки.

Саме цей алгоритм є ключовою методологією досліджень, що викладені в двох наступних розділах.

Зауваження до другого розділу:

1. Незважаючи на доцільність та аргументацію вибраних методів та методології досліджень розділ можна було скоротити.

2. Методику визначення впливу середовища на рух вібротрамшини доцільно було б привести в третьому розділі.

3. Метод досліджень, який автор чомусь представляє теоретико-експериментальний варто було б зазначити, що для застосування в комп'ютерному дослідженні використовувалися експериментальні дані.

4. Передумови і припущення (наприклад у авторефераті) лишені конкретики.

У третьому розділі «Теоретичні дослідження динаміки вібраційних машин поверхневого та об'ємного ущільнення будівельних сумішей» приведені результати досліджень машин із врахуванням статичних і динамічних навантажень, які реалізують поверхневу та об'ємну дію на середовище та конструкцію.

Для теоретичних досліджень системи поверхневого навантаження „вібротрамбовка – ґрунт” прийнята схема, яка включає в себе середовище, що ущільнюється та виражена відповідною реакцією у вигляді контактної сили. Складені та вирішені рівняння руху такої системи, визначені умови стійкості роботи в установлених раціональних параметрах.

Для дослідження систем об'ємного ущільнення використані поліфазні та полічастотні режими формування залізобетонних виробів.

Автором роботи прийняти достатньо коректний підхід математичного вирішення поставлених завдань даної проблеми.

Наведені рівняння руху вібромайданчика з поліфазним рухом розділені на умови роботи системи в режимі вимушених коливань та в режимі вільних коливань.

Ідея полічастотного режиму ущільнення бетонної суміші реалізована в принципово новій схемі установки, сутність її полягає в тому, що створена модель установки з формуютьовуючою поверхнею, яка являє собою

рамну конструкцію. Формоутворююча поверхня одночасно виконує функцію форми для бетонної суміші і складається з зварної рами коробчастого перерізу, яка встановлена на гумових пружних опорах на бетонному фундаменті. Вібраційна установка обладнана чотирма, не симетрично встановленими пневматичними відцентровими збудниками високочастотних коливань. На рамі закріплено два незнімних борти та один рухомий борт. Для дослідження вібраційної установки створена геометрична 3D модель, на основі якої розроблена розрахункова скінченно-елементна модель.

Скінченно-елементна модель складена шляхом апроксимації всіх несучих елементів рами балочними скінченними елементами, пружно деформованими під дією поздовжньої сили, згинальних моментів в двох площинах і крутного моменту. Формоутворююча поверхня моделювалась плоскими елементами заданої товщини типу PLATE, а пружні гумові опори елементами типу BEEM.

Зауваження до третього розділу:

1. Відсутні передумови та припущення до розрахункової схеми вібромайданчика з поліфазним рухом.

2. В роботі на рис. 3.2 (в авторефераті рис.2) відсутня вісь X та пропущена поз. 13 у формулах (с.12 автореферату).

У **четвертому** розділі – «Результати теоретичних досліджень та їх аналіз» – здійснено дослідження вібраційних машин в умовах статичного та динамічного навантаження за допомогою чисельних розрахунків із застосуванням комп'ютерних розрахункових комплексів та проведений аналіз їх при навантаженнях різного характеру.

За результатами досліджень чотиримасної віброустановки поверхневого ущільнення отримані раціональні співвідношення показників коефіцієнтів пружності. В межах виконаних досліджень коефіцієнт динамічного підсилення коливань на субрезонансі збільшується в 2 – 3 рази. Виявлено, що на кожній частоті збудження існують свої межові значення

сили, за межами яких субгармонійний режим втрачає стійкість. Поступова зміна частоти збудження дає можливість отримати режим з субгармонійними коливаннями.

Дослідження установки з поліфазним режимом роботи здійснювалися у відповідності до визначеної методики.

В результаті виконаних досліджень здійснено динамічний аналіз (Transient Analysis) при реалізації частоти коливань 25 Гц. Встановлено, що на оброблюване середовище буде діяти навантаження не лише з частотою збурення коливань, але й з гармоніками суб і супер резонансів, що значно підвищить ефективність ущільнення.

Дослідження полічастотних режимів здійснювалось автором шляхом використання за нелінійною теорією статичного попереднього напруження конструкції всіма діючими силами, потім виконувався модальний аналіз (Modes Analys), результатом якого є розрахунок частот і відповідно форм коливань. Проведені розрахунки були виконані з метою визначення простих форм коливань. Вибір полягав у можливості реалізації режимів роботи з більш високими рівнями передачі енергії до оброблюваного середовища.

Важливою складовою результатів цього розділу є дослідження та визначення напружень і деформацій в несучих конструкцій системи в її найбільш критичних станах установки з формоутворюючою поверхнею для ущільнення бетонної суміші.

Приведені результати характеру напружено-деформованого стану конструкції під дією зовнішніх сил та сили тяжіння. Визначені напруження у формоутворюючій поверхні. Порівнюючи отримані результати напружено-деформованого стану формоутворюючої конструкції, автором автором визначено застосування відповідних частот робочого режиму для отримання нового ефекту при ущільненні бетонних сумішей.

Зауваження до четвертого розділу:

1. Якщо для вібромайданчиків з поліфазним режимом ущільнення частота 25Гц є зрозумілим явищем, то які частоти є доцільними для

формоутворюючої поверхні.

2. Потребує пояснення щодо можливого виникнення «нульових точок» на формоутворюючій поверхні.

У п'ятому розділі «Експериментальні дослідження напружень і деформацій в системах статичної і динамічної дії» за розробленою методикою запроєктована і виготовлена експериментальна установка, яка відтворює закони руху реальної вібраційної установки. Вібраційна установка обладнана двома, асиметрично встановленими вібраційними збуджувачами коливань, які прикріплені до рами за допомогою кріплень.

Для дослідження віброустановки використовували записи безперервної фіксації розподілу коливань формуючої поверхні. Дані з датчиків та їх подальша обробка здійснюються з використанням розробленої схеми на основі 32-розрядного контролера з двома незалежними аналого-цифровими перетворювачами. При проведенні експериментальних досліджень отримана низка осцилограм на різних режимах роботи віброустановки. Отримані віброграми були проаналізовані з метою визначення основних форм та відповідним їм частотам коливань.

Дослідження та визначення напружень і деформацій у часі підтвердили гіпотезу про суттєвий вплив на процес. Виявлено принципово новий результат, який полягає в тому, що перехідний процес передбачено враховувати при визначенні параметрів та місць розташування вібраторів. Встановлені закони зміни напружень і деформацій при просторових коливаннях формоутворюючої поверхні, в основу яких покладена передумова визначення контактних сил взаємодії підсистем між собою та оцінку співвідношення часу дії та часу розповсюдження хвиль.

Зауваження до п'ятого розділу:

1. Варто було б в експериментальній частині обґрунтувати для яких конкретних виробів пропонуються числові значення частот коливань робочих органів машини.

2. Не вказано з якою точністю здійснювалися вимірювання динамічних параметрів машин.

3. Чи здійснювали оцінку ступені вкладу вищих гармонік на визначення параметрів робочого процесу.

У шостому розділі «Практична реалізація результатів досліджень та оцінка їх ефективності» сформульовано основні принципи створення нових машин вібраційної та віброударної дії, наведено алгоритм методики розрахунку подібних розрахунковій машин, приведено рекомендовані конструкції та технічні рішення складових частин машини, здійснена оцінка ефективності виконаних досліджень.

Зауваження до шостого розділу:

1. В авторефераті варто було б привести основні положення принципів створення нової вібраційної техніки.

2. Відсутні відомості щодо яких виробів варто застосовувати досліджені в роботі вібраційні машини.

Загальний висновок

1. Відмічені недоліки і зауваження не знижують позитивного рішення та загальної оцінки роботи.

2. Робота містить нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми: створення енергоощадних вібраційних машин будівельної індустрії на основі ціленаправленої гармонізації руху системи «машина – середовище».

3. Автореферат дисертації відображає сутність основних положень дисертації, де розкриті проблема, є результати теоретичних і експериментальних досліджень, викладені рекомендації і наведені загальні висновки.

4. Дисертаційна робота «Створення енергоощадних віброушільнюючих машин будівельної індустрії на основі ціленаправленої гармонізації руху» за актуальністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю, змістом, оформленням та структурою, відповідає «Порядку присудження наукових ступенів» Постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015р. та № 1159 від 30.12.2015р.) щодо до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор Дедов О.П. заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.02 – «Машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій».

Офіційний опонент, завідувач
кафедри галузевого машино-
будування Кременчуцького
національного університету імені
Михайла Остроградського,
доктор технічних наук, професор



О.Г. Маслов