

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

СЛЮСАРЯ ВОЛОДИМИРА СЕРГІЙОВИЧА

**«ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МАШИН
ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ»,**

що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

133 — Галузеве машинобудування.

Розгляд та аналіз змісту дисертації Слюсаря Володимира Сергійовича на тему «Вдосконалення енергетичних показників машин для ущільнення будівельних сумішей», його наукових публікацій, дозволяє здійснити загальну оцінку роботи, в тому числі актуальність, обґрунтованість наукових положень, наукову новизну, практичне значення, висновки і рекомендацій.

Актуальність обраної теми

В сучасному будівництві основними вимогами є такі показники, як мінімізація енергетичних витрат на виконання технологічних процесів і операцій та забезпечення високої якості отриманих виробів. Серед існуючих технологічних процесів і операцій чільне місце займають процеси ущільнення будівельних сумішей. Реалізація цих процесів здійснюється в основному машинами вібраційної та без вібраційної дії. Цей клас машин характеризується значними витратами енергії на здійснення процесів ущільнення будівельних сумішей. При цьому їхня ефективність суттєво є відмінною між собою навіть в одному виду конструктивних та технологічних режимів і параметрів роботи машин, наприклад, вібраційних майданчиків, які є основним обладнанням заводів будівельної індустрії. Такий стан обумовлено застосуванням емпіричних формул для визначення енергетичних показників при розрахунках робочих параметрів машин. Окрім значних енергетичних витрат, відмічається низька ефективність за рахунок відмінності розрахункових і дійсних амплітуд коливань, що потребує

збільшувати довго тривалість процесу ущільнення будівельних сумішей. В роботі зазначена вище проблема вирішується вдосконаленням методів визначення енергетичних показників на основі розрахункових моделей робочих органів машин і будівельних сумішей, які є найбільш наближеними до реальних, дійсних процесів їхнього руху в режимах ущільнення сумішей. Сутність методу полягає на встановленні закономірності розподілу енергії на ущільнення бетонної суміші в залежності від її складу, режимів та параметрів коливань на основі використання спільної дискретно – континуальної розрахункової моделі системи « робочий орган машини – ущільнююча суміш». За такого методу вирішується задача отримання аналітичних залежностей для визначення енергетичних показників і параметрів процесу ущільнення бетонних сумішей із врахуванням їх фізичних властивостей. Вибраний напрямок рішення задачі із отриманням аналітичних залежностей визначення енергетичних показників і параметрів процесу є актуальним.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації.

В дисертаційному дослідженні обґрунтованість результатів забезпечена коректним і послідовним визначенням фізичної і математичної моделей, проведенням теоретичних та експериментальних досліджень із широкою гамою вихідних змінних параметрів вібраційного майданчика і параметрів ущільнюючих бетонних сумішей.

Достовірність основних положень дисертації.

Достовірність основних положень дисертації обумовлена наступним:

- коректним використанням основних загально прийнятих положень теорії коливань, теорії суцільних середовищ, класичних методів статистичної обробки результатів досліджень;
- обґрунтованим вибором реальних граничних умов взаємодії вібрацій-

ної машини ущільнюючих бетонних сумішей, задовільним збігом характеристик енергії та амплітуди коливань вібраційного майданчика в результаті виконаних теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів.

Науковою новизною є наступні результати досліджень:

- встановлення закономірності розподілу енергії на ущільнення бетонної суміші в залежності від її складу, режимів та параметрів коливань;
- отримання аналітичних залежностей для визначення енергетичних показників та параметрів процесу ущільнення бетонних сумішей, що враховують їх фізичні властивості.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні алгоритмів та методики розрахунку енергетичних та динамічних показників, застосування яких при створення нових конструкцій енергоощадних вібраційних машин для ущільнення будівельних сумішей забезпечує мінімізацію енерговитрат та необхідного режиму вібраційних машини для ущільнення будівельних.

Повнота викладу матеріалів в опублікованих працях.

Повнота викладу матеріалів підтверджується апробацією опублікованих 11 наукових праць, серед яких 6 статей у наукових фахових періодичних виданнях з технічних наук, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, 1 з них індексується у наукометричній базі Scopus; 5 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення.

На відгук представлена дисертація, що складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить

182 сторінки, з них: 142 сторінки основного тексту, список використаних джерел зі 129 найменувань на 14 сторінках; з додатків на 24 сторінках.

У **«Вступі»** дисертації приведено актуальність обраної теми, яка зумовлена широким використанням машин для ущільнення будівельних сумішей у будівництві та їхньою значною енергоємністю. Наведено зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, сформульовано мету та задачі досліджень. Зазначено, що являє собою об'єкт і предмет дослідження, висвітлено методи, які використані у процесі роботи. Приведені наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, відомості про публікації та апробацію результатів дослідження, особистий внесок здобувача, а також обсяг і структуру роботи.

Перший розділ **«Стан проблеми. Постановка задач дослідження»** присвячений огляду та аналізу конструкцій та технологічних параметрів машин для ущільнення будівельних сумішей, здійсненню порівняння енергетичних показників вібраційних та без вібраційних процесів. Обґрунтована більш ефективна та перспективна доцільність застосування вібраційних процесів у порівнянні із процесами без вібраційного виробництва бетонних виробів. Вже в другому параграфі дисертації **«Дослідження та оцінка існуючих енергетичних показників вібраційних машин для ущільнення бетонних сумішей»** автор здійснив дослідження. Уже на цьому етапі відмічається широта мислення Володимира Слюсаря, як грамотного науковця в підходах оцінки та аналізу прийняття аргументованих рішень. Так, за результатами досліджень, проведений аналіз вібраційних процесів та їх енергетичних показників дозволив йому виявити суттєві відмінності навіть в рамках одного порядку вантажопідйомності вібраційної техніки. В кінці розділу приведено п'ять висновків по розділу та на їх основі сформульовані задачі дослідження.

Другий розділ **«Теоретичні дослідження параметрів та енергетичних показників робочого процесу вібраційного майданчика для ущільнення сумішей»** присвячений теоретичним дослідженням параметрів та енергетичних показників робочого процесу вібраційних машин для ущільнення сумішей. Обґрунтування моделі системи «вібраційний

майданчик – бетонна суміш» та виконання аналітичних досліджень базується на логічних висновках першого розділу шляхом формулювання передумов та допущень. При цьому автором здійснено оцінку існуючих властивостей, що входять в дискретні та континуальні моделі, які застосовуються для опису руху різних коливальних систем. Проведений розгляд моделей засвідчує, що найбільш близькою до бетонної суміші при її ущільненні є модель Кельвіна-Фойгта, яка враховує як пружні так і в'язкі властивості. На цій основі послідовно здійснено аналітичний опис та дослідження параметрів робочого процесу вібраційної машини та енергії робочого процесу на основі дискретної та дискретно-континуальної моделі. Отримана залежність (2.11) засвідчує, що в загальному рух вібраційної системи описується чотирьома членами. Перші три члени описують власні коливання системи, із яких перші два визначаються тільки початковими умовами, а третій відображає супутні коливання зовнішньою силою, прикладеною до системи. Останній член виразу (2.11) визначає вимушені коливання за законом зміни зовнішньої сили. Такий результат є новим і засвідчує, що коливання вібраційної системи не є суворо гармонійними, що підтверджено відповідним моделюванням. Досліджено динаміку руху вібраційної системи «вібраційний майданчик – бетонна суміш» із урахуванням сил опору. Отримані аналітичні залежності для визначення амплітуди коливань та власних частот коливань. З'ясована ступінь впливу коефіцієнтів реактивної та активної складових опору ущільнюючого середовища на амплітуду коливань вібраційної машини. Наведені результати у вигляді графіків дозволили встановити закономірності руху й енергетичні показники в до резонансного, резонансного та за резонансному режимах. Встановлений суттєвий вплив на амплітуду швидкості поширення коливань, величина яких входить при визначенні числових значень коефіцієнтів опору. Отримані аналітичні залежності визначення енергетичних показників в різних режимах роботи динамічної системи «вібраційний майданчик – бетонна суміш».

У третьому розділі «Експериментальні дослідження параметрів та енергетичних показників робочого процесу вібраційного майданчика для ущільнення сумішей» наведені результати експериментальних

досліджень параметрів системи «вібраційний майданчик – бетонна суміш». Варто відмітити аргументовану послідовність розробки методики досліджень та запроектовану й виготовлену експериментальну установку із комплектом датчиків та вимірювальної апаратури. Запропоновано цікаве рішення форми із можливістю регулювання зміни її стінок завдяки чому є можливість досліджувати вплив висоти бетонної суміші на енергію та параметри коливань без зміни маси завантажувальної суміші. Це дуже важливе рішення, яке дозволило автору провести експериментальні дослідження та отримати віброграми руху вібромайданчика в різних режимах та варіаціях впливу, зміні висоти стовпа суміші на параметри коливань при незмінному навантаженні (рис.3.11- 3.14). Здійснено порівняння параметрів, що отримані аналітичними розрахунками та отримані в результаті виконаних експериментів. Розбіжність експериментальних та теоретичних значень режимів (рис.3.20) в до резонансних зонах знаходяться в межах 10...12%, в резонансній зоні 11...15%, а в за резонансних зонах 10...12%. Наведені числові значення параметрів (таблиці 3.5 -3.7) , реалізація яких при їх використанні в розрахунках є умовою мінімізації енергії на процес ущільнення бетонної суміші різного складу та слугують основними положеннями вибору режимів та параметрів при розробці алгоритмів розрахунків.

Четвертий розділ **«Рекомендації по розрахунку динамічних параметрів та енергетичних показників вібраційних майданчиків»** присвячений розробці алгоритмів та методик розрахунку раціональних параметрів та енергетичних параметрів за критеріями ефективності процесу. У якості вихідних параметрів розрахунку, динамічних параметрів та енергетичних показників вібраційних майданчиків є амплітуда та частота коливань, які задаються залежно від складу суміші та габаритних розмірів майбутнього виробу. Наведені алгоритми вибору та розрахунку вібромайданчика для практичного використання при ущільненні бетонної суміші включають: алгоритм вибору типу вібромайданчика при ущільненні бетонної суміші (рис.4.4), алгоритм розрахунку динамічних параметрів вібромайданчика (рис.4.5), алгоритм розрахунку енергетичних параметрів вібромайданчика (рис.4.6) та числовий приклад розрахунку вібромайданчика.

Висновки. Загальні висновки написані в логічній послідовності, повністю відображають сутність дисертаційного дослідження, рішення поставленої мети та завдань. До важливих висновків варто віднести положення, що отримані аналітичні залежності для визначення енергії на коливання дискретної системи і дискретно-континуальної моделі із урахуванням сил опору дозволили встановити закономірності зміни енергії на коливання вібромайданчика із врахуванням впливу бетонної суміші.

Зауваження і побажання до дисертаційної роботи

Важлива та змістовна робота не лишена певних зауважень та побажань.

1. Перший параграф «Оцінка існуючих способів ущільнення бетонних сумішей» першого розділу можна було б скоротити, акцентуючи лише увагу на оцінці роботи вібромайданчиків.

2. На рисунку 2.6 (с. 60) наведені графіки коливань вібраційної системи «вібраційний майданчик – бетонна суміш» із урахуванням сил опору: I – згасаючі; II – вимушені; III – сумарні коливання, але відсутні числові значення амплітуд коливань.

3. Не зазначається, за яких умов він отриманий графік залежності співвідношення амплітуд коливань і коефіцієнтів опору від висоти стовпа бетонної суміші (рис. 2.10). Приведені тільки параметри коливань, а масові характеристики вібраційного майданчика і суміші відсутні.

4. На рис. 2.13 (с. 77) наведені графіки зміни амплітуди коливань вібромайданчика від висоти стовпа суміші для різних значень коефіцієнта опору. І далі зазначається, що характерною зоною значного збільшення амплітуди коливань є висота стовпа бетонної суміші в межах $h=0.25\ldots0.30$ м в рамках прийнятої в розрахунках швидкості розповсюдження хвиль в бетонній суміші $c=50$ м/с. Проте не сказано, за яких масових значень вібраційного майданчика і суміші ці графіки побудовані і як ці параметри впливають на зміну амплітуди коливань вібромайданчика.

5. При викладені матеріалу зустрічаються неточності у висловленнях та деякі помилки. Так, наприклад, при описі руху вібраційної системи «вібраційний майданчик – бетонна суміш» із урахуванням сил опору (рис. 2.5., с. 58) не вказано, який опір враховано в рівнянні 2.17.

6. При приведенні формули (2.31) (с. 62), що визначає середню енергію резонансних коливань, стверджується, що максимальне значення цієї енергії буде максимальним при висоті стовпа суміші $h = 0$ є тривіальним.

Висловлені зауваження не знижують цінності отриманих в дисертації наукових і практичних результатів і можуть бути враховані в подальших дослідженнях автора дисертації. Варто зазначити, що дисертаційна робота виконана з дотриманням правил академічної доброчесності.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...»

Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», зокрема пп. 5,6,7,8,9 і є завершеною та самостійною науковою працею. Отримані результати якої свідчать про важливий внесок в науку.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На основі здійсненого змістовного огляду та аналізу тексту дисертації і публікацій автора, які в повній мірі відображають основні результати досліджень, зазначаю високий рівень виконання здобувачем теоретичних та експериментальних досліджень та глибоке оволодіння методологією та методами виконання наукової діяльності.

Наукова значущість отриманих теоретичних та експериментальних досліджень дозволяє визначити, що в даній роботі вирішена важлива наукова задача отримання аналітичних залежностей вдосконалення методів розрахунку динамічних та енергетичних параметрів, які забезпечують

сучасні вимоги до зменшення енергії та необхідні раціональні параметри з реалізацією високої якості виконання технологічного процесу ущільнення будівельних сумішей.

Вважаю, що дисертація «Вдосконалення енергетичних показників машин для ущільнення будівельних сумішей» подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 — Галузеве машинобудування є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор, Слюсар Володимир Сергійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 — Галузеве машинобудування.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри
авіаційної та виробничої інженерії
Національного університету
«Львівська політехніка»



Олексій ЛАНЕЦЬ

Підпис Олексія Ланця засвідчую:

Проректор



Роман ФЕДОРИШИН