

ВІДГУК

офіційного опонента **Зубовецької Наталі Тарасівни** на дисертаційну роботу Магерус Надії Іванівни «Обґрунтування параметрів та режимів роботи вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних сипких матеріалів», поданої до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 35.052.06 Національного університету «Львівська політехніка» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Процес проектування об'ємних дозаторів для сипких матеріалів (СМ) характеризується низкою проблем, зокрема, у випадку, коли маємо справу з дрібнодисперсним продуктом. При роботі з таким матеріалом спостерігається утворення грудок СМ, формування стійких склепінь продукту та його зависання над випускним отвором, що призводить до нерівномірності витікання матеріалу та низької точності сформованої дози. Як показує практика, одним із способів підвищення точності об'ємних дозаторів є використання впливу вібрації на дрібнодисперсний СМ, завдяки чому в сипкому продукті відбуваються перетворення, особливості яких обумовлюються її інтенсивністю. Значний вплив на рух дрібнодисперсного СМ має також геометрія лунки, а саме розмір її випускного отвору, кут нахилу та висота. На практиці найчастіше експериментально встановлюють параметри вібрації та геометрію розвантажувальної лунки, що необхідні для забезпечення рівномірного витікання конкретного дрібнодисперсного СМ. Однак такий спосіб не дозволяє на етапі проектування дозувального обладнання спрогнозувати поведінку дрібнодисперсного продукту в залежності від тих чи інших режимів роботи дозатора та конструктивних розмірів лунки. Тому актуальним є дослідження впливу режимів роботи дозатора та геометрії лунки на витікання дрібнодисперсного СМ з метою забезпечення високої точності та продуктивності вібраційних об'ємних дозаторів.

Актуальність роботи підтверджена ще і тим, що вона відповідає пріоритетному напрямку наукових досліджень кафедри механіки та автоматизації машинобудування Національного університету «Львівська

політехніка».

2. Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.

Основний зміст дисертаційної роботи викладений на 148 сторінках і складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 125 найменувань, 64 рисунків, 10 таблиць та 7 додатків на 34 сторінках. Загальний обсяг відповідає вимогам до кандидатських робіт.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі досліджень, наведено наукову новизну та практичну цінність результатів роботи, зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, вказано особистий внесок автора, подано інформацію про апробацію роботи, представлено результати впровадження у навчальний процес та виробництво.

У першому розділі (с. 10...35) проведено аналіз літературних джерел, присвячених конструкціям вібраційних об'ємних дозаторів для СМ. Також досліджено математичні моделі поведінки сипкого продукту у процесі дозування та вплив режимів коливань робочих органів дозатора на рух дрібнодисперсного СМ, що є визначальним фактором ефективності роботи об'ємного дозатора. Виявлено відсутність єдиної методики проектування вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних СМ, оскільки наявні у літературі дослідження носять вибіркового характеру і стосуються дозаторів для грубодисперсних СМ.

В результаті проведеного аналізу встановлено необхідність обґрунтування режимів роботи та геометричних параметрів вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних СМ на основі дослідження впливу властивостей продукту на процес дозування, і, тим самим, ефективність роботи дозаторів. Висновки, отримані у першому розділі, визначають напрямок подальших досліджень, які представлені у роботі.

У другому розділі дисертації (с. 36...81) розроблено математичні моделі руху дрібнодисперсних СМ із розвантажувальної лунки дозатора при гравітаційному витіканні та під дією вібрації. У першій математичній моделі

встановлено умови формування склепіння над випускним отвором розвантажувальної лунки дозатора, а також досліджено вплив на них фізико-механічних властивостей СМ. У другій математичній моделі на основі законів механіки суцільного середовища досліджено рух дрібнодисперсного СМ під дією вібрації та встановлено чинники, що впливають на продуктивність та точність об'ємного дозатора. Встановлено вплив фізико-механічних властивостей продукту дозування та параметрів розвантажувальної лунки вібраційного об'ємного дозатора на вибір оптимальних режимів його роботи. Досліджено залежність продуктивності вібраційного дозатора від амплітуди та частоти коливань його робочого органа та параметрів розвантажувальної лунки.

У *третьому розділі* (с. 82...115) проведено експериментальні дослідження впливу висоти шару СМ, амплітуди та частоти коливань робочого органа дозатора на кінематичну в'язкість дрібнодисперсних матеріалів. Встановлено математичні залежності для визначення впливу висоти шару СМ та режимів роботи дозатора на в'язкості продукту дозування. В якості досліджуваних матеріалів обрано пшеничне борошно та цемент. На основі даних експериментальних досліджень можна визначити раціональні режими роботи дозатора у залежності від параметрів розвантажувальної лунки та фізико-механічних властивостей дрібнодисперсного СМ. Також проведено експериментальні дослідження продуктивності та точності вібраційного об'ємного дозатора для пшеничного борошна та цементу. Використавши результати математичного моделювання та експериментальних досліджень встановлено інтенсивність вібрації, що дозволяє забезпечувати високу ефективність роботи вібраційного об'ємного дозатора. Досліджено режими роботи дозатора, при яких реалізується непрогнозований рух дрібнодисперсного СМ, а, відповідно, і низька точністю та продуктивністю дозування. Результати експериментальних досліджень доповнюють та підтверджують розроблені математичні моделі.

В *четвертому розділі* дисертаційної роботи (с. 116...147) розроблено конструкцію вібраційного об'ємного дозатора та методику його інженерного розрахунку. Наведено аналітичні залежності, що дозволяють визначити амплітуду та частоту коливань робочого органа завантажувального бункера. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано способи підвищення ефективності роботи вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних СМ. Також експериментально досліджено переміщення дрібнодисперсного СМ по транспортних доріжках у чаші дозатора: встановлено залежність швидкості вібраційного транспортування дрібнодисперсного СМ від кута зсуву фаз та кута нахилу робочої поверхні, товщини шару продукту, що переміщається, режиму перевантаження; проаналізовано вплив кута нахилу робочої поверхні на товщину шару СМ, який раціонально переміщувати по ній. Наведено теоретичні дослідження режимів вібрації, що необхідні для забезпечення відриву налиплого шару СМ від поверхні робочих органів дозатора.

Дисертаційна робота завершується висновками та списком літератури.

В *додатках* (с. 165...199) представлені матеріали, що повніше розкривають суть дисертаційного дослідження, а саме: математичні перетворення, що дозволяють звести рівняння Нав'є-Стокса, що описують поведінку СМ під дією вібрації, до моделі Лоренца, яка дозволяє прогнозувати рух продукту дозування; матриці планування та результатів повнофакторного експерименту, що використовувались для дослідженні ефективної в'язкості пшеничного борошна та цементу, таблиці їх регресійного аналізу; критичні значення коефіцієнтів відтворюваності та адекватності експериментальних досліджень; значення показників Ляпунова, що дозволяють визначити ступінь хаотичності СМ під дією вібрації; розгорнуті результатами експериментальних досліджень по визначенні продуктивності дозатора для пшеничного борошна та цементу; програма для визначення амплітуди та частоти коливань робочого органа дозатора для дрібнодисперсних СМ, що забезпечуватимуть його високу

продуктивність та точність; акти впровадження результатів дисертаційних досліджень.

3. Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень.

В результаті аналізу матеріалів дисертаційної роботи можна вказати наступну новизну отриманих результатів:

– розроблено математичні моделі поведінки дрібнодисперсних СМ у конічній розвантажувальній лунці дозатора при гравітаційному витіканні та під дією вібрації;

– отримано аналітичні вирази для визначення амплітуди та частоти коливань робочого органу дозатора для дрібнодисперсних СМ та параметрів його розвантажувальної лунки;

– обґрунтовані параметри та встановлені оптимальні режими роботи вібраційного об'ємного дозатора для дрібнодисперсних СМ.

4. Практичне значення результатів роботи.

Практичне значення дисертаційних досліджень полягає в тому, що: обґрунтовано режими роботи та основні параметри вібраційних об'ємних дозаторів, які дозволяють спрогнозувати поведінку продукту дозування і тим самим забезпечити необхідну точність та продуктивність дозатора на етапі його проєктування; розроблена методика інженерного розрахунку вібраційних об'ємних дозаторів дає можливість встановити оптимальні параметри та режими роботи вібраційних дозаторів; результати дисертаційних досліджень впроваджені на ТЗОВ «ІнтерПЕТ», м. Львів у вигляді конструкції вібраційного об'ємного дозатора для дрібнодисперсних СМ та методики його інженерного розрахунку. Результати дисертаційної роботи також впроваджені в навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів бакалавр напрямку 6.050502 «Інженерна механіка», спеціаліст та магістр за спеціальністю 7(8).05050206 «Машини та технологія пакування».

5. Оцінка достовірності та обґрунтованість основних положень дисертації.

Достовірність отриманих наукових результатів ґрунтується на використанні класичних методів дослідження напруженого стану сипкого матеріалу; математичного моделювання процесу витікання продукту під дією вібрації з використанням методів термодинаміки (наближення Буссінеска), гідродинаміки (закону Бернуллі, рівнянь Нав'є-Стокса) та методів дослідження стійкості динамічних систем (критеріїв Ляпунова). Експериментальні дослідження проводились на основі класичних методів планування багатофакторного експерименту. Результати аналітичних та експериментальних досліджень оброблено за допомогою пакетів програм Excel, MathCAD, Derek. Достовірність наукових результатів підтверджується малою похибкою експериментальних і аналітичних досліджень.

Виходячи з вище наведеного, ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, рекомендацій та висновків, запропонованих автором, не викликає сумнівів.

6. Аналіз публікацій дисертаційного дослідження.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, з яких: 6 статей у фахових виданнях України (2 одноосібні), 2 статті в виданнях, що входять у наукометричну базу РІНЦ, 8 публікацій у матеріалах конференцій, 1 деклараційний патент України на корисну модель. Внесок автора у підготовку публікацій, відображених у авторефераті, є визначальним.

7. Зауваження до дисертації та автореферату.

7.1. У другому розділі п. 2.1 розглядаються питання, які, на мій погляд, більше відносяться до оглядової частини, тобто до розділу один. Разом з тим варто відмітити досконалість та повноту у викладенні оглядової частини дисертаційної роботи.

7.2. Не зовсім зрозуміло, яким чином були використані розроблені математичні моделі при проектуванні пропонованого дозатора (рис. 15 с.14, автореферат), якщо вони були отримані при розгляді відмінної від нього схеми на рис. 4 ст.6 автореферату.

7.3. Яким чином у рівнянні Нав'є-Стокса (рівняння 3 с. 6 автореферат) враховано стискання СМ? Чи обґрунтовано це рішення без урахування граничних умов?

7.4 В дисертаційній роботі проведено значний об'єм експериментальних досліджень з метою отримання регресивних залежностей для параметрів СМ і оптимальних режимів роботи дозаторів у випадку дозування цементу та борошна. Чи означає це, що подібний об'єм досліджень необхідно проводити кожен раз для розробки дозаторів СМ з відмінними від вказаних СМ?

7.5. Чи могло б введення елементів регулювання в конструкцію дозаторів розширити як сферу так ефективність їх використання?

Зауваження, зроблені до дисертації та автореферату, не мають вирішального значення і носять, здебільшого, рекомендаційний характер. Вказані зауваження не знижують наукового рівня одержаних результатів, які виносяться дисертантом на захист.

8. Загальний висновок по дисертаційній роботі.

8.1. Дисертаційна робота за змістом і обсягом проведених досліджень є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати в галузі машинознавства.

Дисертантом розв'язана актуальна науково-технічна задача – обґрунтування параметрів та режимів роботи вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних сипких матеріалів, яка дозволить підвищити їх ефективність. Одержані автором результати є новими та впроваджені у виробництво і навчальний процес.

8.2. Автореферат достатньо точно і повно відображає основні положення дисертаційної роботи, а його зміст є ідентичним зі змістом дисертації.

8.3. На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота

Магерус Н. І. «Обґрунтування параметрів та режимів роботи вібраційних об'ємних дозаторів для дрібнодисперсних сипких матеріалів» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» та вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор Магерус Надія Іванівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство.

Офіційний опонент, к.т.н.,
доцент кафедри «Комп'ютерного
проектування верстатів та технології
машинобудування» Луцького національного
технічного університету

Н.Т. Зубовецька

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Учений секретар
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
доц. А.Земко

