

УДК 629.113

**Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк**  
*Житомирський державний технологічний університет*  
**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ НЕЗВ'ЯЗНИХ  
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ КУЗОВІВ САМОСКІДІВ**

*Проаналізовано види вантажів, що перевозяться автомобільним транспортом, визначено долю використання автомобілів-самоскидів у перевезеннях. Проаналізовано технологію розвантаження самоскидів різних марок та час на виконання розвантажувальних робіт. Запропонована методика зменшення часу, необхідного для розвантаження кузова самоскида за допомогою вібраційного пристрою.*

*Ключові слова:* самоскид, пісок, вібрації, коливання, розвантаження.

**Ye.G. Opanasyuk, D.B. Begersky, O.Ye. Opanasyuk**  
**IMPROVING EFFICIENCY OF LOADING WORKS OF INDEPENDENT BUILDING  
MATERIALS FROM CULTURAL HIGHER EDUCATION**

*The types of goods transported by road transport are analyzed, the fate of the use of dump cars in transportation is determined. The technology of unloading dump trucks of different brands and time for performing unloading works is analyzed. The technique of reducing the time required for unloading a body of a dumper by means of a vibrating device is proposed.*

*Keywords:* dump truck, sand, vibrations, oscillations, unloading.

### **Вступ**

Одним із важливих напрямків розвитку автомобільного транспорту є спеціалізація рухомого складу, яка обумовлена необхідністю підвищення якості і ефективності перевезень вантажів, зменшення трудомісткості навантажувально-розвантажувальних робіт, створення нових високоефективних спеціалізованих автомобілів і автопоїздів, максимально пристосованих до перевезення певних видів вантажів і до конкретних умов експлуатації.

У загальному об'ємі вантажів, що перевозяться на транспортних засобах, навалочні вантажі (грунт, пісок, гравій, щебінь, овочі, зерно, мінеральні добрива та ін.) складають приблизно 80% [7]. З них тільки піску, при транспортуванні якого переважно використовуються автомобілі-самоскиди, в Україні щорічно видобувається понад 20 млн. тон. При розвантаженні навалочних вантажів в залежності від їхньої вологості, температури, гранулометричного складу частина вантажів залишається на кузові. Тому впровадження нових технологій, спрямованих на удосконалення процесу розвантажувальних робіт на автомобільному транспорті дає можливість прискорити розвантаження, знизити витрати і підвищити продуктивність транспортних засобів за рахунок збільшення часу в русі при зменшенні часу розвантаження.

В переважній більшості для розвантажування кузовів самоскидів використовується гравітаційний спосіб [1,2,3], при реалізації якого вантаж звільняє кузов під дією власної ваги, рухаючись донизу по днищу кузова, нахилоного під певним кутом. Величина цього кута, необхідного для розвантажування кузова залежить від багатьох факторів, а для незв'язних сипких матеріалів насамперед від коефіцієнту внутрішнього тертя, вологості, температури. В свою чергу коефіцієнт внутрішнього тертя (наприклад піску) залежить: від гранулометричного складу – зі збільшенням розмірів частинок коефіцієнт внутрішнього тертя зростає; і від вологості – зі збільшенням вологості знижується [6].

Відповідно до зазначеного, від цих факторів (гранулометричний склад, вологість) залежить кут піднімання кузова самоскида, який повинен бути для забезпечення повного розвантажування не меншим за кут природного відкосу. Тому для зменшення кута піднімання кузова самоскида необхідно якимось чином забезпечити зниження коефіцієнту внутрішнього тертя.

Найбільше поширення отримали наступні відомі способи полегшення розвантаження кузовів автомобілів-самоскидів: створення коливань кузова наприкінці розвантажування (реалізовано в самоскиді КамАЗ-5511), розвантаження (струшування) за допомогою додаткової оболонки в кузові самоскида та віброударний пристрій [6,7,8,9] для розвантаження і очищення кузова самоскида. Серед основних недоліків створення коливань кузова наприкінці розвантажування слід зазначити те, що коливання використовуються на завершальній стадії розвантаження і призначені для сприяння розвантаженню залишків матеріалу; використання додаткової оболонки в кузові ускладнює конструкцію самого кузова і призводить до збільшення його ваги.

В той же час, дослідження [4,5,10] показали (рис. 1), що під впливом вібрацій такий сипкий матеріал як пісок, набуває властивостей в'язкої рідини, і величина коефіцієнта вібров'язкості, невиразно велика для масиву піску, що знаходиться в стані спокою, під впливом на нього вібрацій може знижуватися до 9 Па·с (в'язкість гліцерину знаходиться в тих же межах), унаслідок чого його коефіцієнт внутрішнього тертя різко знижується.

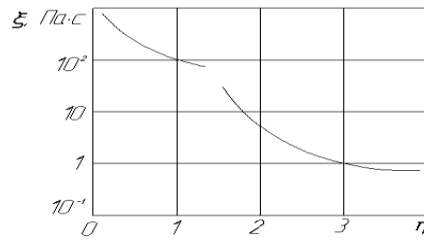


Рис.1. Залежність вібров'язкості піску від прискорення вібрацій [10].

Експериментальне дослідження властивостей незв'язних матеріалів (на прикладі піску), що впливають на процес і енергоємність процесу розвантаження кузовів автомобілів-самоскидів

Метою даної роботи є експериментальне дослідження властивостей незв'язних матеріалів (на прикладі піску), що впливають на процес і енергоємність процесу розвантаження кузовів автомобілів-самоскидів і оцінка впливу вібрацій на показники процесу розвантаження.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступне: дослідити вплив частоти вібрацій на коефіцієнт внутрішнього тертя, провести експериментальні дослідження впливу вібрацій на кут піднімання кузова і оцінити енергетичні витрати на розвантаження кузова самоскида. Враховуючи високу вартість натурних досліджень і вплив сторонніх факторів дослідження проведені методом фізичного моделювання, для чого були створені необхідні експериментальні установки.

Дослідження впливу вібрацій на коефіцієнт внутрішнього тертя проведені на експериментальній установці, схема і загальний вигляд якої представлено на рис.2.

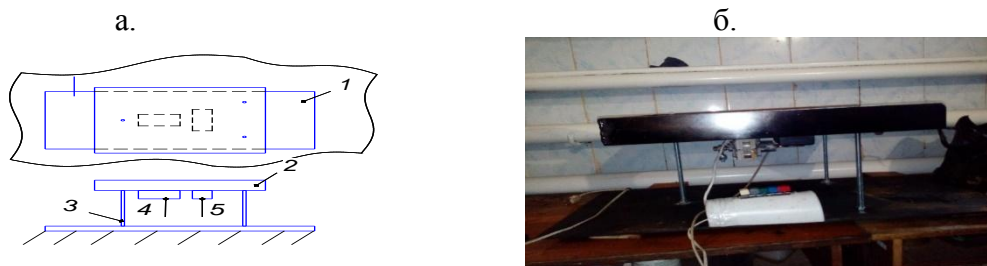


Рис. 2. Схема (а) і загальний вигляд (б) експериментальної установки

За основу 1 був взятий лист семиміліметрової сталі розміром 800 x 350 мм, який виконує роль рами. В якості робочої поверхні 2 використано лист сталі розміром 520 x 400 мм, який за допомогою різьбових шпильок М10 3 з'єднаний із рамою. Під поверхнею прикріплений електродвигун 4 потужністю 40 Вт з дисбалансом закріпленим на його валу. Також під поверхнею був встановлений акселерометр 5 (рис.3а, б). Реєстрація зміни віброприскорень робочої поверхні установки при різних частотах обертання електродвигуна вібратора здійснювалась комп'ютером з одночасною відеофіксацією процесів.

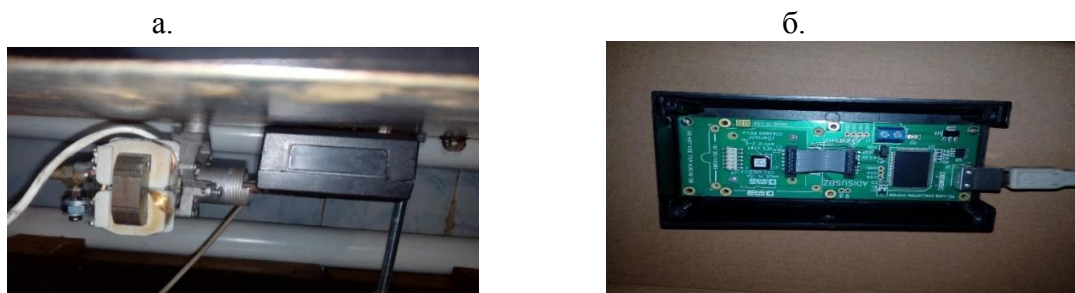


Рис.3. Електродвигун з протизагою на валу (а) та акселерометр (б)

В дослідженні розглядалася зміна вільно насипаного конуса сипучого матеріалу, що піддавався дії вібрацій. Пісок вільно висипався через отвір діаметром 5 мм з невеликої висоти, утворюючи гірку правильної форми у вигляді конуса з кутом природнього укусу, рівним куту внутрішнього тертя на горизонтальній поверхні сталевого листа. На рис.4 зображено початкову форму конуса піску сформованого без вібрацій (а) та через 10 секунд після вібрацій (б). Зміна піщаного конуса відбувалася 5 секунд. В наступні 5 секунд при вібраціях кут конуса суттєво не змінювався.



Рис.4. Загальний вигляд вільно насипаного конуса до (а) і після(б) дії вібрацій

На рис.5 представлені типова осцилограма зміни віброприскорень в часі (а) та зміна кута укусу в залежності від величини віброчастот в часі (б), де 1, 2, та 3 ку-тові швидкості це частоти обертання  $\omega$  якоря електродвигуна вібропристрою, при-чому  $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$ .

З графіків, представлених на рис.5б видно, що при всіх значеннях частот і віб-роприскорень кут укусу  $\alpha$ , пов'язаний із кутом внутрішнього тертя  $\varphi$  залежністю

$\varphi = \tan \alpha$ , суттєво зменшується, причому найбільш інтенсивно за перші 2 секунди з початку вібрації. Означене підтверджує доцільність використання вібропристроїв для оптимізації процесу розвантаження кузовів автомобілів-самоскидів, однак не надає достатньої інформації для кількісної оцінки зниження енергоємності цього процесу і потребує подальших досліджень.

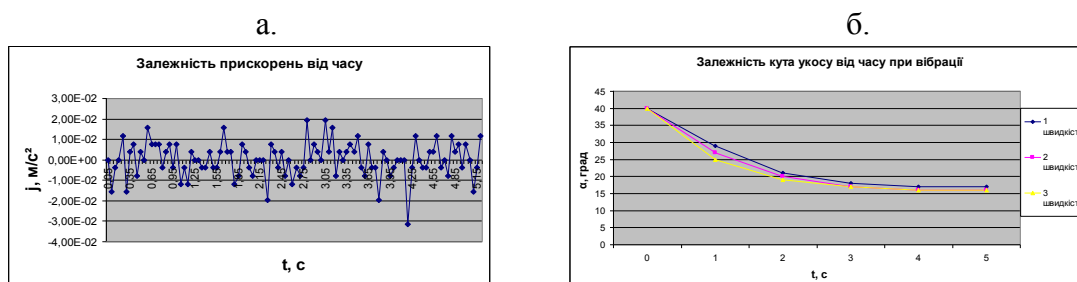


Рис.5. Типова осцилограма зміни віброприскорень в часі (а) та зміна кута укусу в залежності від величини віброчастот (б)

Для проведення подальших досліджень сконструйована і виготовлена модель кузова у масштабі 1:10 автомобіля-самоскида КрАЗ 6510 [2]. Модель кузова за-кріплена шарнірно до основи, що виконує роль рами (рис.6). Під поверхнею прикріплений електродвигун з дисбалансом закріпленим на його валу. Також під поверхнею днища моделі кузова був встановлений акселерометр з виведенням вимірюваного сигналу на комп'ютер.



Рис.6. Загальний вигляд експериментальної установки із вібропристроєм.

Пісок засипався в кузов після чого вимірювався кут зсипання вантажу при піднятті кузова, спочатку без вібрацій ( рис 7.1 а, б) та з вібрацією (рис 7.2 а,б). Кут підняття платформи вимірювався за допомогою кутоміру.



Рис.7.1. Положення моделі кузова на початку (а) і наприкінці розвантажування (б)



Рис.7.2. Положення моделі кузова на початку (а) і наприкінці розвантажування (б)

Дослідження з підведенням вібрації проводилися три рази на різних частотах обертання електродвигуна вібропристрою та обчислені середні показники (дані наведені в табл.1). Показники, отримані після обробки сигналів з датчика-акселерометра (рис.8) .

Табл.1

Кут нахилу моделі кузова								
№ експер.	При наявності вібрацій						Без вібрації	
	$\omega 1$		$\omega 2$		$\omega 3$		початок зсуву	кінець зсуву
	початок зсуву	кінець зсуву	початок зсуву	кінець зсуву	початок зсуву	кінець зсуву		
1	25	43	24	37	22	36	27	51
2	26	41	24	38	22	34	27	49
3	25	40	24	37	23	35	28	50
Сер.зн.	25	41	24	37	22	35	27	50

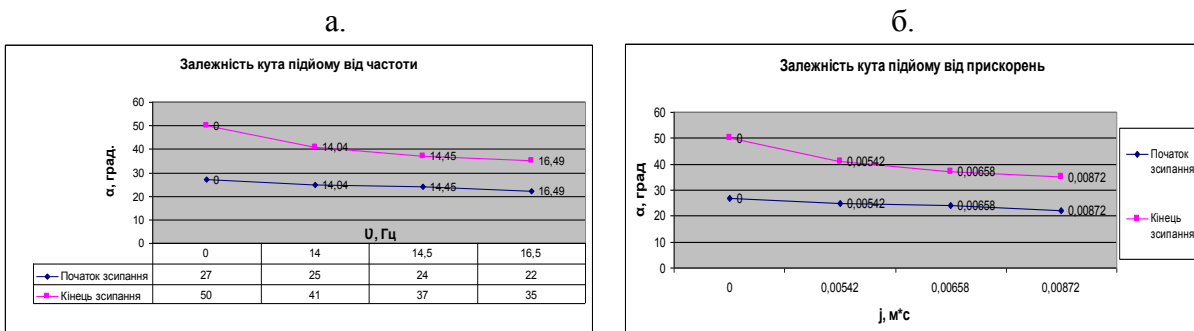


Рис.8. Залежності кутів підняття моделі кузова на початку і наприкінці зсипання піску від частоти коливань (а) і віброприскорень (б)

**Висновки**

Проаналізовані відомі [3,6,9] і отримані результати досліджень дозволяють зробити висновок про те, що при використанні гравітаційного способу розвантаження при створенні вібрацій днища кузова досягається зниження кута підняття кузова і відповідно витрати часу і енергії на розвантаження сипких будівельних матеріалів.

Якщо враховувати 8-годинний режим роботи автомобіля з довжиною їздки 10 кілометрів та середньою швидкістю 30 км/год який робить 12 їздок на день то слід очікувати зниження витрати палива приблизно на 2%.

1. Автомобіль КамАЗ <http://allspectech.com/gruzovaya-tehnika/samosvaly/karernye/kamaz-5511.html>
2. Автомобіль КрАЗ <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/samosvaly>
3. Бурков М.С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. - 296 с.
4. Вибрационные массообменные аппараты / И. Я. Городецкий, А. А. Васин, В. М. Олевский, П. А. Лупанов; под. ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1980. – 255 с.
5. Ганиев Р. Ф. Динамика частиц при воздействии вибраций / Р. Ф. Ганиев, Л. Е. Украинский. – К.: Наукова думка, 1975. – 168 с.
6. Вибрационные массообменные аппараты / И. Я. Городецкий, А. А. Васин, В. М. Олевский, П. А. Лупанов; под. ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1980. – 255 с.
7. Искович-Лотоцкий, Р. Д. Вибраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів : монографія / Р. Д. Вінниця : ВНТУ, 2011— 155 с.
8. Искович-Лотоцкий Р. Д. Вибрационные процессы : Обзор / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев. – М.: НИИМаш, 1979. – 50 с.
9. Искович-Лотоцкий Р. Д. Підвищення ефективності Розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Я. В. Иванчук // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008. – No2(51). – С. 8–11.
10. Крюков Б. И. Вынужденные колебания существенно нелинейных систем / Б. И. Крюков. – М.: Машиностроение, 1984. – 234 с.
11. Стефанович Ю. Г. О влиянии колебаний крутящего момента в трансмиссии автомобиля на его проходимость по снегу и песку / Ю. Г. Стефанович // Тр. НАМИ Центр. н.-и. автомоб. и автотранспорт. ин-т. – 1962. – вып. 45. (О динамических нагрузках в трансмиссиях автомобилей.). – С. 99-108.