

ОБРАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ ЗАВАНТАЖЕННЯ М'ЯКИХ КОНТЕЙНЕРІВ, ЩО МАЮТЬ ФОРМУ ЦИЛІНДРУ, У ВАНТАЖНІ ПРИМІЩЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У роботі розглянуто питання, що пов'язані з контейнеризацією перевезень вантажів. Контейнери різних конструкцій сьогодні широко застосовуються в технологічних процесах перевезення великої кількості вантажів. Вони становлять окремий вид транспортного обладнання з усталеними технічними характеристиками та оснащенням для механізованого виконання перевантажувальних операцій. Використання контейнерів підвищує ефективність як транспортного процесу, так і вантажно-складських робіт. Одним із перспективних напрямів удосконалення технологій доставки сипких матеріалів є впровадження у логістичні схеми постачання продукції різноманітних м'яких контейнерів. Застосування такого обладнання є технічно й економічно доцільним, особливо за умов тимчасового зберігання та перевезення значних партій сипкого вантажу. Розглянуто особливості використання м'яких контейнерів як перспективного виду транспортного обладнання у технологіях доставки сипких і навалювальних вантажів. Проаналізовано переваги застосування такого транспортного обладнання. Особливу увагу приділено необхідності врахування при обранні раціональних схем розташування циліндричних м'яких контейнерів у вантажних приміщеннях можливої поперечної деформації стінок контейнерів. Величина цих деформацій визначається сукупністю чинників, серед яких ключовими є властивості вантажу, геометричні параметри контейнера та характеристики матеріалу оболонки. Найсуттєвіший вплив справляють розміри контейнера та щільність сипкого матеріалу в ньому. Суттєво впливають також коефіцієнт тертя між вантажем і стінками контейнера та співвідношення горизонтального й вертикального тиску, що визначають величину бічного навантаження. Важливим є також вплив властивостей матеріалу оболонки контейнера: його міцності, жорсткості, товщини, структури волокон, стану тканини. З урахуванням цього запропоновано підходи до уточнення розрахункових залежностей, що застосовуються під час розроблення схем розміщення у вантажних приміщеннях транспортних засобів м'яких контейнерів, які мають форму циліндру.

Ключові слова: Вантаж сипкий, транспортування, технологія, м'який контейнер, параметри, деформація, вантажне приміщення, схема вантаження.

Постановка проблеми. Застосування сучасних техніко-технологічних рішень у сфері вантажних перевезень забезпечує швидшу та ефективнішу доставку продукції кінцевим споживачам, одночасно сприяючи збереженню вантажів і підвищенню безпеки транспортних операцій. Одним із таких рішень, що довело свою ефективність, є контейнеризація, масове впровадження якої з середини ХХ століття істотно вплинуло на розвиток міжнародної торгівлі [1].

Суттєву частку глобального вантажообігу становлять насипні та навалювальні вантажі, до транспортування яких висуваються дедалі суворіші вимоги щодо безпеки, збереження якості, вибору раціональних технологій перевезення та контролю технічного стану рухомого складу. Традиційні схеми перевезення таких вантажів базуються на використанні універсальних або спеціалізованих транспортних засобів різних видів транспорту. Однак на практиці часто виникає дефіцит спеціалізованого рухомого складу, що стимулює впровадження нових, більш ефективних технологічних рішень для транспортування сипких

матеріалів. Це дозволяє підвищити ефективність усього транспортного процесу та задовольнити потреби всіх його учасників.

У цьому контексті важливого значення набуває науково обґрунтований вибір транспортної тари та обладнання. Від цих рішень залежать оптимізація розміщення вантажів як на складах, так і у вантажних приміщеннях транспортних засобів, а також рівень механізації вантажних та складських операцій.

Сьогодні контейнери різних конструкцій широко застосовуються в технологічних процесах перевезення великої кількості вантажів. Вони становлять окремий вид транспортного обладнання з усталеними технічними характеристиками та оснащенням для механізованого виконання перевантажувальних операцій. Використання контейнерів підвищує ефективність як транспортного процесу, так і вантажно-складських робіт.

Одним із перспективних напрямів удосконалення технологій доставки сипких матеріалів є впровадження м'яких контейнерів (FIBC, Big-Bag або МК) у логістичні схеми постачання. Застосування такого обладнання є технічно та економічно доцільним, особливо за умов тимчасового зберігання та перевезення значних партій вантажу. М'які контейнери вирізняються надійністю, простотою конструкції та виготовлення. Найчастіше вони виробляються з поліпропілену та мають форму паралелепіпеда або циліндра. Завдяки універсальності МК можуть бути адаптовані для роботи з різними видами вантажно-підйомної техніки, що робить їх ефективним елементом транспортного обладнання [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження м'яких контейнерів дозволило суттєво підвищити ефективність вирішення технологічних завдань, пов'язаних із транспортуванням вантажів. Зокрема, стало можливим скоротити втрати продукції на всіх етапах її обігу та зменшити витрати на проведення вантажних операцій.

Під час аналізу науково-технічних джерел, присвячених технологіям застосування м'яких контейнерів для транспортування вантажів, вдалося визначити низку переваг таких рішень порівняно з традиційними [3], [4]. Серед них:

- значне скорочення втрат вантажу в процесі перевезення;
- зменшення потреби у використанні окремих видів спеціалізованих транспортних засобів, які часто є дефіцитними;
- кращі умови збереження чистоти та якості продукції;
- підвищений рівень захисту довкілля та транспортних засобів від можливого шкідливого впливу вантажів;
- відсутність необхідності очищення транспортного засобу після транспортування;
- виконання вантажних операцій з МК за допомогою простих технічних засобів;
- створення умов для тимчасового зберігання окремих видів вантажів у МК просто неба, що дозволяє зменшити витрати на будівництво складських приміщень.

Сучасні технології дозволяють виготовляти м'які контейнери практично будь-якої геометричної форми. Найпоширенішими є моделі МК, що у заповненому стані мають форму паралелепіпеда або циліндра, причому циліндричні варіанти простіші у виробництві.

Для підвищення ефективності транспортування вантажів у МК важливо забезпечити максимально повне використання вантажного простору та вантажопідйомності транспортних засобів, що досягається шляхом оптимального планування схем завантаження.

Під час організації перевезень важливо добирати параметри м'яких контейнерів з урахуванням властивостей конкретного вантажу. Обрані схеми розміщення МК та характеристики завантажених матеріалів безпосередньо впливають на рівень використання об'єму та вантажопідйомності транспортних засобів. Проте нині цьому аспекту приділяється недостатньо уваги. На ефективність завантаження вантажних приміщень також впливають

різні чинники, зокрема деформація оболонки МК під дією завантаженого матеріалу, що може істотно змінювати його початкову форму.

М'які контейнери у формі циліндрів широко використовуються для транспортування сипких матеріалів. Теоретично такий контейнер можна розглядати як ідеальний циліндр із радіусом R_0 та висотою H . Однак, у реальних умовах під дією маси сипкого вантажу МК деформується, відхиляючись від своєї початкової геометрії. Найпоширенішим є утворення бочкоподібної форми, коли середня частина оболонки розширюється. Для оцінювання таких деформацій, зокрема втрати правильної геометричної форми, використовують підходи механіки суцільного середовища, що описують поведінку м'яких оболонок із обмеженою здатністю до розтягування. У цих моделях враховують дію тиску сипкого матеріалу на стінки контейнера. Питанням механічних властивостей деформованих оболонок присвячено значну кількість праць. Наприклад, у роботі [5] подано результати досліджень компресійної міцності гнучких оболонок, у [6] проведено FEA-аналіз деформації мішків, заповнених вантажем. Проєкт [7] спрямований на вивчення внутрішніх напружень у гнучких контейнерах на основі експериментальних і чисельних методів. Динамічні аспекти роботи еластичних оболонок розглянуто в роботі [8], а у [9] наведено результати моделювання поведінки волокнистих пакувальних матеріалів під тривісним стисканням. У цій роботі висвітлено питання жорсткості, деформації та ущільнення, що має важливе значення для розуміння механічної поведінки стінок МК та тиску сипкого вантажу всередині контейнера.

Мета дослідження. Метою роботи є уточнення розрахункових залежностей, що застосовуються для вибору схем розміщення м'яких контейнерів циліндричної форми у вантажних приміщеннях транспортних засобів.

Основний матеріал дослідження. Завдання детального аналізу складних закономірностей деформування оболонок м'яких контейнерів, у цій роботі не ставиться. На наш погляд, найбільш доречно для опису цих процесів використовувати підхід, запропонований у теорії Янссена [10]. Ця теорія дає змогу визначати розподіл вертикального тиску сипкого матеріалу в силосах, контейнерах та інших подібних ємностях. На відміну від рідин, у сипких матеріалах тиск не зростає безперервно з глибиною, а досягає певного насичення. Це пояснюється тим, що частина навантаження передається на стінки за рахунок сил тертя. Для оцінювання цих ефектів може застосовуватися класична формула Янссена, яка дає змогу визначити вертикальний тиск у заповненому контейнері:

$$p(z) = \frac{\gamma R}{2\mu k} \left(1 - e^{\frac{-2\mu k z}{R}}\right),$$

де:

$p(z)$ - тиск в середині м'якого контейнера на глибині z ;

γ - питома вага сипкого вантажу, Н/м³;

R - характерний розмір контейнера (радіус);

μ - коефіцієнт тертя вантажу по стінці МК;

k - коефіцієнт бокового тиску (вираховується у вигляді відношення горизонтального та вертикального напружень).

На рис. 1 для прикладу приведений графік розподілу тиску в середині м'якого контейнера циліндричної форми, який заповнений пшеницею для наступних параметрів: $H = 1.5$ м, $R = 0.45$ м, $\rho \approx 800$ кг/м³, $\mu = 0.40$, $k = 0.45$.

На графіку рис. 1 видно типове насичення тиску. Тиск на дні контейнера за Янссеном становить $\approx 6,86$ кПа (лінія 2), тоді як гідростатичний тиск – 11,77 кПа (лінія 1).

Тобто частина ваги вантажу «підхоплюється» стінками МК через тертя, що й викликає його бочкоподібний розпір. Це дає можливість зробити висновок, що тиск в контейнері не зростає лінійно, а виходить на плато (насичується). При використанні високих контейнерів це

означає, що верхні шари вантажу «висять» на стінках через тертя. Для гнучких оболонок МК це призводить до бочкоподібної деформації: внутрішній тиск найбільше розпирає середні ділянки стінок контейнера.

Приклад вигляду бочкоподібної деформації циліндричного МК показано на рис.2.

Зміну діаметру контейнера на кожному рівні його висоти у першому наближенні можна описати функцією

$$D(z) = 2R(z) = R_0 + 2\delta \cdot \sin^2\left(\frac{\pi z}{H}\right)$$

де 2δ – можлива максимальна поперечна деформація контейнера.

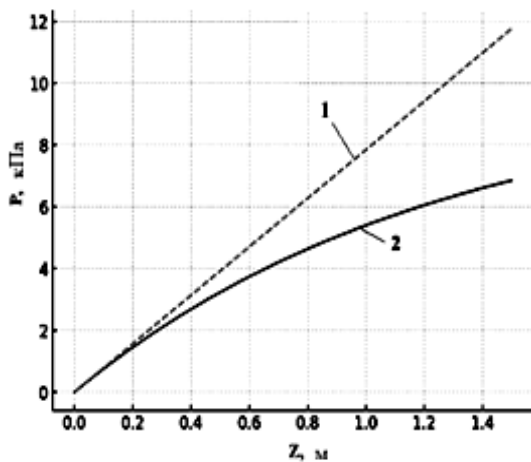


Рисунок 1 – Графік розподілу тиску в середині МК циліндричної форми

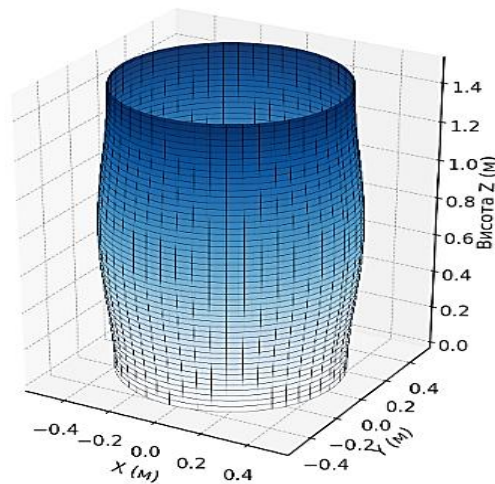


Рисунок 2 – Вигляд деформованого циліндричного м'якого контейнера

Величина 2δ визначається сукупністю чинників, серед яких ключовими є властивості вантажу, геометричні параметри контейнера та характеристики матеріалу оболонки. Найсуттєвіший вплив справляють розміри МК: зі збільшенням його діаметра бічне розширення стає інтенсивнішим. Значну роль відіграє й щільність сипкого матеріалу, оскільки важчий вантаж створює більший внутрішній тиск. На формування деформації впливають також коефіцієнт тертя між вантажем і стінками МК та співвідношення горизонтального й вертикального тиску, що визначають величину бічного навантаження.

Помітним є також внесок властивостей матеріалу оболонки: його міцності, жорсткості, товщини, структури волокон, а також наявності підсилювальних елементів. Стан тканини змінюється під дією експлуатаційних чинників - вологості, температури, тривалої роботи (повзучості). Додатково на форму контейнера впливають і зовнішні умови: щільність розміщення МК у кузові, тиск від сусідніх контейнерів та динамічні навантаження під час руху транспортного засобу.

Як вже зазначалося, метою статті є розроблення підходів до уточнення розрахункових залежностей, що застосовуються для вибору схем розміщення циліндричних МК у вантажних відсіках транспортних засобів. Тому детальний аналіз фізичних механізмів деформації контейнерів у роботі не проводився - у розрахунках використовується лише певне фіксоване максимальне значення можливої поперечної деформації.

Раніше виконаний аналіз варіантів укладання циліндричних вантажних одиниць у транспортні кузова при їх установці на торець показав [4], що кількість раціональних схем є

обмеженою (див. рис. 3). Тут L та B - відповідно довжина і ширина вантажного приміщення.

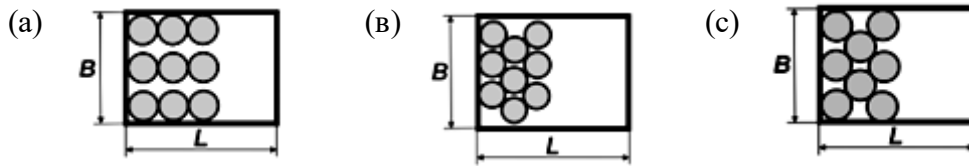


Рисунок 3 – Типові схеми розміщення циліндричних вантажів у вантажних приміщеннях

Щоб якнайповніше використовувати можливості транспортних засобів, треба визначити максимальну кількість м'яких контейнерів G (що мають циліндричну форму), яку можна розмістити у вантажному приміщенні транспортного засобу в залежності від параметрів цього приміщення та характеристик МК.

Для розглянутих схем завантаження, з урахуванням потенційних можливостей деформації м'яких контейнерів, можна записати такі розрахункові залежності:

Для схеми вантаження (а):

$$G_a = N_a \cdot M_a = \left[\frac{H}{h} \right] \cdot \left[\frac{B}{2(R+\delta)} \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R+\delta)} \right],$$

Для схеми вантаження (б):

$$G_b = N_b \cdot M_b = \left[\frac{H}{h} \right] \cdot \left[\frac{B}{2(R+\delta)} \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R+\delta)-S} \right].$$

де S - глибина «сідловини», яка утворюється двома розташованими поруч МК при установці у вантажному приміщенні другого та наступних рядів вантажу.

Параметр S залежить від діаметру МК ($D = 2R$) та величин зазорів Z , які мають місце між м'якими контейнерами в поперечному ряду (див. рис. 4).

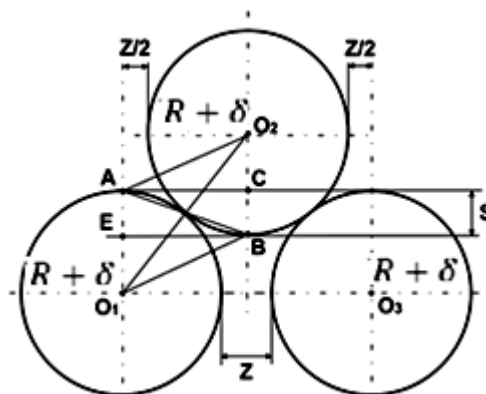


Рисунок 4 – Розрахункова схема

З аналізу геометричних співвідношень (рис.4) можна визначити згідно з [11], що

$$S = 2(R + \delta) - \sqrt{4(R + \delta)^2 - (R + \delta) + Z/2)^2}.$$

Схема вантаження (c) може бути реалізована у двох варіантах: 1 - парна та 2 - непарна загальна кількість рядів м'яких контейнерів у подовжньому напрямку.

- для схеми (c_1):

$$G_{c1} = N_{c1}^n \cdot M_{c1}^n + N_{c1}^m \cdot M_{c1}^m = \left[\frac{H}{h} \right] \cdot \left[\frac{B}{2(R + \delta)} \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R + \delta) - S} \right] / 2 + \left[\left[\frac{B}{2(R + \delta)} \right] - 1 \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R + \delta) - S} \right] / 2,$$

- для схеми (c_2):

$$G_{c2} = N_{c2}^n \cdot M_{c2}^n + N_{c2}^m \cdot M_{c2}^m = \left[\frac{H}{h} \right] \cdot \left[\frac{B}{2(R + \delta)} \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R + \delta) - S} \right] / 2 + 1 + \left[\left[\frac{B}{2(R + \delta)} \right] - 1 \right] \cdot \left[\frac{L}{2(R + \delta) - S} \right] / 2,$$

де N_i - число МК, які розташовані по ширині вантажного приміщення в одному ряду (для обраної схеми завантаження);

M_i - кількість поперечних рядів встановлення МК у вантажному приміщенні транспортного засобу при обраній схемі завантаження;

L, H, B - відповідно довжина, висота та ширина вантажного приміщення;

$2R$ - номінальний діаметр м'якого контейнера;

2δ - величина максимальної деформації МК по діаметру;

h - висота одного МК;

Квадратними дужками [...] позначені округлені у менший бік до цілого числа значення відповідних виразів.

Схема розміщення та закріплення вантажів у різних транспортних засобах залежить від характеристик вантажу та транспортного засобу. Окрім іншого, наприклад, для автомобілів схема розміщення залежить від характеристик міцності переднього та заднього борту, а також бічних стінок кузова автомобіля.

Запропоновані аналітичні залежності дозволяють обґрунтовувати вибір оптимальних схем завантаження м'яких контейнерів при відомих характеристиках вантажного приміщення транспортного засобу та визначених масо-габаритних показниках МК.

На основі цих залежностей проведені розрахунки для різних схем завантаження МК із різними радіусами у вантажне приміщення транспортного засобу, яке має параметри кузова автомобільного напівпричепу (ширина 2,4 м, довжина 13,6 м. Висота одного контейнера $h = 1$ м. Завантаження здійснювалося в один ярус. На рис.5 для прикладу показані розрахункові графіки залежності $G_i = f(R, Z)$ для схеми (b) при урахуванні деформації МК (лінія 1 для величини максимальної деформації МК по діаметру $2\delta = 0,1$ м) та без урахування деформації МК (лінія 2). Аналіз цих графіків свідчить, що, наприклад, для м'якого контейнера з радіусом $R = 0,3$ м, різниця розрахункової кількості МК, яку можна розмістити в обраному вантажному приміщенні, з урахуванням заданої величини деформації м'яких контейнерів 2δ може бути на 50 одиниць менше, ніж для тієї ж розрахункової схеми без урахування величини 2δ .

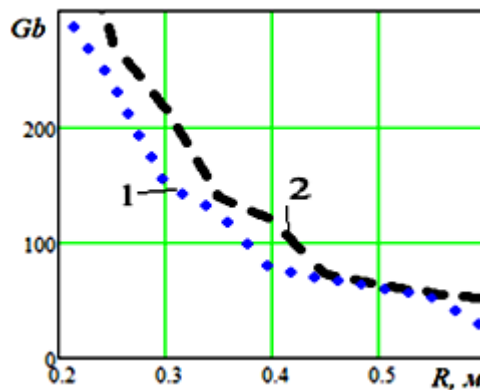
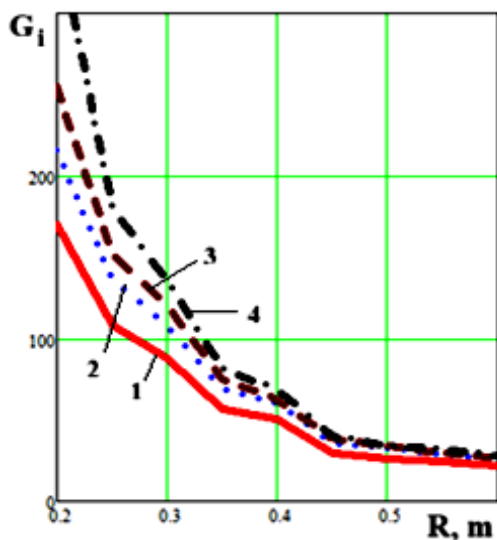


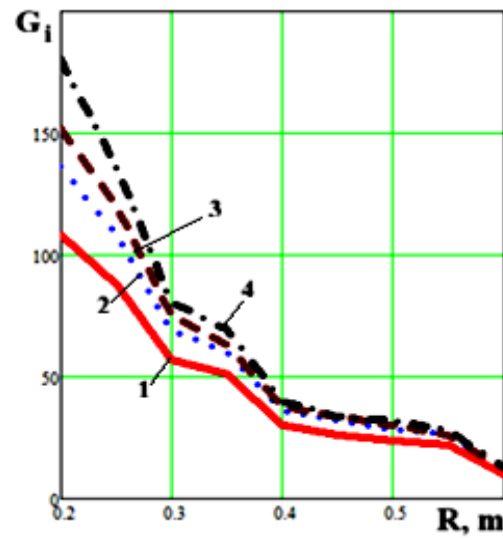
Рисунок 5 – Графіки залежності $G_i = f(R, Z)$ для схеми вантаження (b) при $2\delta = 0.1\text{ м}$
(1 – з урахуванням деформації МК, 2 – без урахування деформації МК)

Деякі результати розрахунків, що ілюструють графіки залежності $G_i = f(R, Z)$ для схем вантаження (a) та (б), приведені рис.6.

Проаналізувавши графіки на рис.6 можна побачити, що ефективність обраної схеми вантаження суттєво залежить від величини 2δ поперечної деформації м'яких контейнерів. Розрахункова кількість м'яких контейнерів, яку можна розмістити у обраному вантажному приміщенні, при врахуванні деформації стінок МК є меншою, ніж без урахування цього фактору. Ця залежність особливо помітна для МК з невеликими радіусами $R = 0.2 \dots 0.3\text{ м}$ та великими поперечними зазорами Z між ними при укладанні в кузов транспортного засобу



а) без урахування деформації МК



б) з урахуванням деформації МК ($2\delta = 0.1\text{ м}$)

Рисунок 6 – Графіки залежностей $G_i = f(R, Z)$:

- 1 - схема вантаження (a); 2 - схема вантаження (б), $Z = 0.1\text{ м}$;
- 3 - схема вантаження (б), $Z = 0.2\text{ м}$; 4 - схема вантаження (b), $Z = 0.3\text{ м}$

Наприклад, при $R = 0.3\text{ м}$ та $Z = 0.3\text{ м}$ це зменшення складає 42 %. При $R = 0.4\text{ м}$ та $Z = 0.2\text{ м}$ зменшення також складає близько 40 %.

На рис.7 показані графіки залежностей $G_i = f(R, Z)$ для схеми вантаження (c1) з

урахуванням деформації МК (поверхня 1) та без урахування деформації МК (поверхня 2).

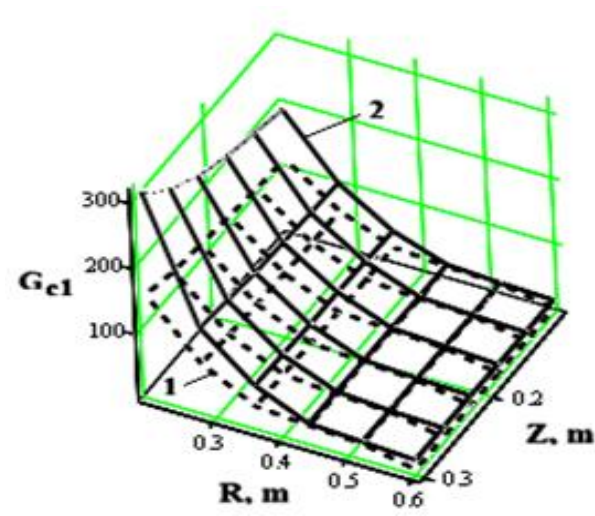


Рисунок 7 – Графіки залежностей $G_i = f(R, Z)$:

1 - схема вантаження (c_1), $2\delta = 0,1\text{м}$; 2 - схема вантаження (c_1), $2\delta = 0$.

Добре видно, що (особливо для м'яких контейнерів з невеликими радіусами $R = 0,2 \dots 0,3\text{м}$) поперечна деформація МК суттєво впливає на ефективність обраної схеми вантаження. Розрахункова кількість МК, що розміщуються у вантажному приміщенні з обраними геометричними параметрами, в залежності від радіусу м'якого контейнера та величини Z поперечних зазорів між ними при укладанні в кузов, при врахуванні поперечної деформації МК може бути меншою до 40 %.

Таким чином, використовуючи запропоновані розрахункові залежності, можна обрати раціональну схему вантаження МК та підібрати параметри м'яких циліндричних контейнерів, при яких можливо максимально ефективно використовувати вантажопідйомність транспортного засобу. Значення величини 2δ максимальних деформацій МК при їх завантаженні може бути обране на основі проведення експериментів, або при проведенні спеціальних розрахунків.

ВИСНОВКИ

Використання м'яких контейнерів у технологічних процесах транспортування сипких та навалювальних вантажів є одним із перспективних напрямів їх удосконалення. Найчастіше застосовують м'які контейнери, які у заповненому стані набувають циліндричної форми. Їх популярність пояснюється простотою конструкції та виготовлення. Під дією навантаження сипкого матеріалу такі контейнери зазвичай деформуються, відхиляючись від ідеальної геометрії. Типовою є бочкоподібна деформація, під час якої стінки МК розширюються в середній частині його висоти. Розмір максимальної поперечної деформації МК визначається поєднанням властивостей завантаженого матеріалу, параметрів контейнера та характеристик тканини, з якої виготовлена оболонка.

Щоб забезпечити повніше використання вантажних приміщень транспортних засобів при перевезенні сипких матеріалів у таких контейнерах, були запропоновані аналітичні залежності, які дають змогу обґрунтувати оптимальний спосіб розміщення циліндричних МК у кузові з урахуванням їх геометрії та параметрів вантажного відсіку.

Установлено, що поперечна деформація суттєво впливає на ефективність обраної схеми розміщення. Найпомітнішим цей вплив є для контейнерів із малим початковим радіусом. За наявності такої деформації фактична кількість МК, яку можливо розташувати у вантажному відсіку з заданими розмірами, може зменшуватися до 40 %.

Застосування запропонованих розрахункових залежностей дає можливість визначити найбільш доцільну схему розміщення при обраних розмірах м'яких циліндричних контейнерів для забезпечення максимального використання вантажного приміщення з урахуванням деформування МК. Оцінити величину максимальної деформації можна експериментально або шляхом спеціальних інженерних розрахунків.

Рациональний підбір параметрів м'яких контейнерів і продумане обрання схеми їх вантаження дозволять значно зменшити логістичні витрати під час транспортування сипких вантажів.

Список використаних джерел

1. *Helga Pavlić Skender, Petra Adelajda Zaninović, Elena Srića.* (2019) Review of Modern Transportation Technologies with focus on Containerization. *Pomorski zbornik*, 57, 2019, 111-121.
2. *Mihajlov E.V.* (2018) Tehnologii perevezennja vantazhiv u m'jakih kontejnerah. Beu Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 168 s. ISBN: 978-613-9-57815-3.
3. *Stanislav Semenov, Evgeny Mikhailov, Oleksandr Kravchenko, Jan Dižo, Miroslav Blatnický, Vadym Ishchuk.* (2023) Improvement of the soft containers use in transportation of the bulk cargo. *Communications*, 4/2023 vol.25, B278 - B284. – Режим доступу: <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.064>
4. *Evgeny Mikhailov, Stanislav Semenov, Maxim Kovtanets, Jan Dižo, Miroslav Blatnický, Vadym Ishchuk* (2023). Increasing the efficiency of transportation of cargoes with a cylindrical shape. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina* 2023, 25(4): B294-B300. – Режим доступу: <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.067>
5. *Frontiers in Robotics and AI.* (2025) Vision-based manipulation of transparent plastic bags in industrial setups. *Frontiers in Robotics and AI*. <https://doi.org/10.3389/frobt.2025.1506290>
6. *Centrifuge & FEA study (offshore mold bags)* (2019) Simulation and Analysis of Deformation Characteristics of Moulded Bag Solidified Soil Embankment. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 242(6):062023. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/242/6/062023>
7. *Ooi, J. Y., & Rotter, J. M.* (2021) Measurement and modelling of powder flow in flexible containers. The University of Edinburgh MKhool of Engineering Report. – Режим доступу: <https://old.eng.ed.ac.uk/research/projects/measurement-and-modelling-powder-%EF%AC%82ow-%EF%AC%82exible-containers>
8. *Soft granular materials group (Phys. Rev. X).* (2015) Fluid-Driven Deformation of a Soft Granular Material. *Physical Review X*. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.5.011020>
9. *Guo, Y., Li, Y., Liu, Q., Jin, H., Xu, D., Wassgren, C., & Curtis, J.* (2019) Yielding and hardening of flexible fiber packings during triaxial compression. *arXiv preprint*, arXiv:1904.05013. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.05013>
10. *Dyck, G., Rogers, A., & Paliwal, J.* (2024) A review of analytical methods for calculating static pressures in bulk solids storage structures. *KONA: Powder and Particle Journal*, 41, 108–122. – Режим доступу: <https://doi.org/10.14356/kona.2024013>
11. *Vygodsky M.* *Mathematical Handbook Elementary Mathematics.* – Режим доступу: https://www.amazon.com/Mathematical-Handbook-Elementary-Mathematics-Vygodsky/dp/8123903103?ref=ast_author_dp

SELECTION OF RATIONAL SCHEMES FOR LOADING SOFT CYLINDER-SHAPED CONTAINERS INTO CARGO COMPARTMENTS OF VEHICLES

The paper considers issues related to containerization of cargo transportation. Containers of various designs are widely used today in technological processes of transporting large quantities of cargo. They constitute a separate type of transport equipment with established technical characteristics and equipment for mechanized performance of reloading operations. The use of containers increases the efficiency of both the transport process and cargo and warehouse operations. One of the promising areas for improving technologies for delivering bulk materials is the introduction of various soft containers into logistics schemes for supplying products. Such packaging is economically feasible, especially in conditions of temporary storage and transportation of large batches of bulk cargo. The features of using soft containers as a promising type of transport equipment in technologies for delivering bulk and bulk cargo are considered. The advantages of using such transport equipment in transport and logistics technologies are analyzed. Special attention is paid to the need to take into account the possible transverse deformation of the container walls when choosing rational schemes for placing cylindrical soft containers in cargo spaces. The magnitude of these deformations is determined by a set of factors, among which the key ones are the properties of the cargo, the geometric parameters of the container and the characteristics of the shell material. The most significant influence is exerted by the dimensions of the container and the density of the bulk material. The coefficient of friction between the cargo and the container walls and the ratio of horizontal and vertical pressure, which determine the magnitude of the lateral load, also have a significant impact. The contribution of the properties of the container shell material is also noticeable: its strength, stiffness, thickness, fiber structure, fabric condition, and the presence of reinforcing elements. Taking this into account, approaches are proposed to clarify the calculation dependencies used when developing schemes for placing soft containers that have the shape of a cylinder in the cargo spaces of vehicles.

Keywords: Bulk cargo, transportation, technology, soft container, parameters, deformation, cargo space, loading scheme.

Стаття надійшла 02.12.2025р.

УДК 629.4.01

doi.org/10.31498/2522-9990302025347240

Карашук В.О.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ГІБРИДНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

У роботі проведено огляд гібридного залізничного рухомого складу з метою впровадження для пасажирських перевезень. Визначено, що основним видом транспорту для пасажирських перевезень в Україні є автомобільний транспорт (автобусні перевезення), яким щорічно перевозиться 41,8% пасажирів, а доля залізничного транспорту складає лише 3,3%. Аналіз перевезень пасажирів за видами сполучення дозволив встановити, що на залізничний транспорт припадає 25,9% пасажирських перевезень у міжміському сполученні та 23,9% у приміському, при цьому у міському сполученні він взагалі не задіяний. Встановлено,