

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE ROPE MECHANISM FOR LOADING SMALL STORAGE ROOMS OF VEGETABLES AND FRUITS IN CONTAINERS

R. Hevko, Y. Nykerui, T. Dovbush

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine



Key words:

rope mechanism,
vegetables and fruits in
containers,
constructive parameters,
kinematic and power
parameters,
storage facilities

Article history:

Received 01.10.2020

Accepted 15.11.2020

Corresponding author:

r_hevko@ukr.net

ABSTRACT

Loading process of fruit and vegetable packaging into the warehouse requires compliance with the raw material requirements. It is especially important to comply with the requirements for the fruit and vegetable damage degree, as damage must be minimal or absent. Such damage can occur due to abrupt changes in transportation speed and other factors. The analysis of literature sources and design-technological schemes of installations for loading small storage rooms with vegetables and fruits in containers and their shortcomings were identified with the definition of promising research directions. An experimental installation of a two-rope mechanism has been developed, a methodology for conducting their research and devices used in the process of experiments are presented. The process of operation of the electronic dynamometer during experimental researches is described in detail. On the basis of the proposed technical solutions and the manufactured rope mechanism for loading small storage rooms with vegetables and fruits in containers, studies were carried out on an experimental installation to determine the relationship between its structural, kinematic and power parameters. Specific numerical values of the ratios of the load forces of the levers, the different positions of the fastening of the springs and the magnitude of their deformation are presented. Recommendations are given on the choice of rational parameters of the rope mechanism for high-quality performance of the technological process, depending on the angle of inclination of the pair of ropes to the horizon, the mass and speed of movement of goods from the zone of their loading to the unloading zone and other adjustable parameters.

УДК 621.33

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
КАНАТНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ МАЛИХ
СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ОВОЧАМИ І ФРУКТАМИ У ТАРІ****Р.Б. Гевко, Ю.С. Никеруй, Т.А. Довбуш**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна**Ключові слова:**канатний механізм,
овочі та фрукти у тарі,
конструктивні
параметри,
кінематичні та силові
параметри,
складські приміщення**Історія публікації:**

Отримано 01.10.2020

Затверджено 15.11.2020

**Автор для
листування:**

r_hevko@ukr.net

АНОТАЦІЯ

Процеси завантаження фруктами та овочами складських приміщень у тарі потребують забезпечення вимог, які до них висуваються. Проведений аналіз літературних джерел та конструктивно-технологічних схем установок для завантаження малих складських приміщень овочами та фруктами у тарі та виявлені їх недоліки з визначенням перспективних напрямів досліджень. Розроблена експериментальна установка двоканатного механізму, наведена методика проведення його досліджень і прилади, які застосовувались під час експериментів. Описано роботу електронного динамометра під час проведення експериментальних досліджень. На основі запропонованих технічних рішень та виготовленого канатного механізму для завантаження складських приміщень овочами та фруктами у тарі на експериментальній установці проведені дослідження з визначення взаємозв'язку між його конструктивними, кінематичними та силовими параметрами. Представлені конкретні числові значення співвідношень зусиль навантаження важелів, різного положення кріплення пружин та величини їх деформації. Запропоновані рекомендації стосовно вибору раціональних параметрів канатного механізму для якісного виконання технологічного процесу залежно від кута нахилу пари канатів до горизонту, маси та швидкості переміщення вантажів від зони їх завантаження до зони вивантаження та інших регульованих параметрів.

<https://doi.org/10.36910/acm.vi45.379>

Стан питання та постановка проблеми

Процеси завантаження штучними вантажами складських приміщень у тарі потребують забезпечення вимог, які до них висуваються, особливо, коли це стосується яблук, картоплі або інших фруктів чи овочів, які зберігаються в складських приміщеннях до часу їх реалізації. Зібрані плоди завантажуються у тару, яка транспортується до зони їх зберігання у складських приміщеннях. Особливо це стосується ступеня пошкодження плодів в процесі їх переміщення до зони вивантаження, які повинні бути мінімальними або взагалі відсутніми. Пошкодження плодів можуть виникати внаслідок різкої зміни швидкості транспортування та значних прискорень тари в процесі можливих коливань транспортно-технологічної системи. Цих негативних факторів необхідно уникати або мінімізувати їх дію.

Аналіз відомих досліджень технологічних процесів завантаження штучними вантажами складських приміщень показав, що вони в основному здійснюються роликowymi, гвинтовими [1, 3] та стрічковими транспортно-технологічними механізмами [3, 4]. Вдосконалення існуючих та розробка нових транспортно-технологічних механізмів для завантаження штучних вантажів дозволить формувати відповідні технологічні лінії для виконання вище зазначених процесів. Однак, такі типи транспортерів є конструктивно досить складними та матеріаломісткими, а їх застосування є економічно доцільним при переміщенні вантажів на значні відстані. Подібні канатні транспортери для переміщення різних вантажів, що розташовані у штучній тарі, які можуть бути прототипами при розробці нових транспортно-технологічних механізмів у напрямі цих досліджень, викладено в наукових працях [5–7].

Теоретичні розрахунки несучих і тягових систем, які виконані на базі канатних механізмів, а також покровкові методи визначення раціональних параметрів основних елементів канатних лісотранспортних установок представлено в науковій праці [8].

Розроблена експериментальна установка для проведення досліджень та визначення силових і геометричних параметрів канатних транспортно-технологічних механізмів, а також обґрунтовані раціональні параметри переносної лебідки із підвищеною навантажувальною здатністю представлені в науковій праці [9].

Для зменшення динамічних навантажень на приводні та несучі елементи транспортно-технологічних механізмів проведено комплекс теоретичних і експериментальних досліджень [4, 5, 7] із визначення

раціональних параметрів розроблених захисних механізмів, результати яких представлені в науковій праці [10].

Мета дослідження – розробка та виготовлення експериментальної установки канатного транспортно-технологічного механізму для завантаження яблуками у тарі малих складських приміщень. На основі запропонованої методики проведення експериментальних досліджень, яка представлена в науковій праці [7], а також проведених нових теоретичних досліджень, необхідно встановити функціональні залежності між конструктивними елементами та величинами повертання підтискних важелів на основі пари паралельно розташованих канатів із регулюванням їх натягу залежно від навантаження. Також необхідно провести дослідження в реальних умовах експлуатації з визначення впливу різних факторів на коливання рамної конструкції за різних значень її навантаження вантажами в тарі та, відповідно, повертання підтискних важелів.

Матеріали і методи

Для завантаження малих складських приміщень штучними вантажами, а саме яблуками у ящиках, розроблений канатний механізм, принципова схема та спосіб виконання технологічного процесу якого описані в науковій праці [7]. Безпосередньо трикутноподібна рамна конструкція канатного механізму, на основу якої завантажуються овочі або фрукти у тарі, зображена на рис. 1.

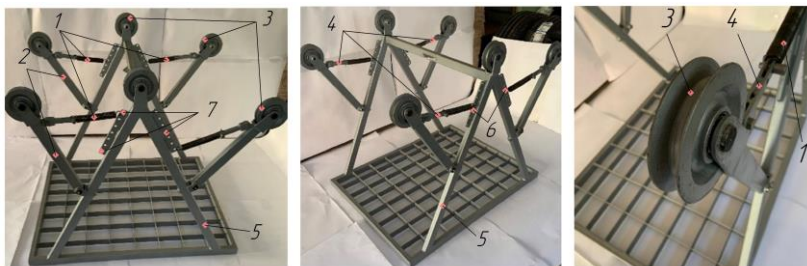


Рис. 1 – Рамна конструкція для розташування штучних вантажів:
1 – пружини; 2 – важелі; 3 – ролики; 4 – тяги; 5 – боковини рамної конструкції; 6 – плоскі пластини; 7 – отвори

Для забезпечення регулювання сили натягу пружин, які підтискають важелі та ролики, що із внутрішньої сторони контактують з канатами, тяги виконані з можливістю зміни початкової довжини, яка забезпечується переставлянням та фіксацією її окремих складових. Із

При вмиканні живлення електронний динамометр відображає поточне значення сили навантаження у базовому режимі. Щодо стану роботи приладу, у відповідному режимі, свідчить індикатор на екрані динамометра (рис. 2, а). У випадку переходу в режим фіксації отриманих даних необхідно натиснути кнопку “ F_1 ”. Якщо після вмикання динамометра навантаження на датчик відсутнє, то необхідно обнулити покази на табло шляхом натискання кнопки “- 0 -”. Далі шляхом навантаження датчика відповідні силові показники фіксуються на табло динамометра. Електронний динамометр відображає значення силових показників у Ньютонках. У разі зняття навантаження із датчика покази повертаються в нульове положення. В процесі навантаження або розвантаження системи відбувається гасіння десяткової крапки. У випадку, коли крапка засвітилась, це вказує на те, що навантаження на динамометрі стабілізувалось.

Під час визначення максимального значення зусилля навантаження необхідно натикнути кнопку “ F_2 ”. У цьому випадку засвітиться відповідний індикатор на екрані динамометра.

Електронний динамометр забезпечує максимальну точність вимірювання, коли в ненавантаженому стані на екрані динамометра фіксуються нульові показники.

У випадку відсутності нульових показників необхідно натиснути кнопку “- 0 -”. У режимі фіксації максимального значення зусилля електронний динамометр запам’ятовує останнє максимальне значення сили і при розвантаженні на екрані залишається це значення доти, доки не буде перезавантаження динамометра. Скидання значення сили здійснюється повторним натисканням кнопки “ F_2 ”. Навантаження при роботі динамометра необхідно здійснювати плавно, без ударів.

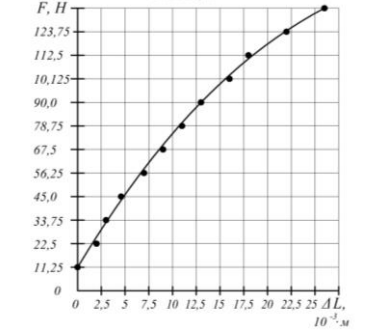

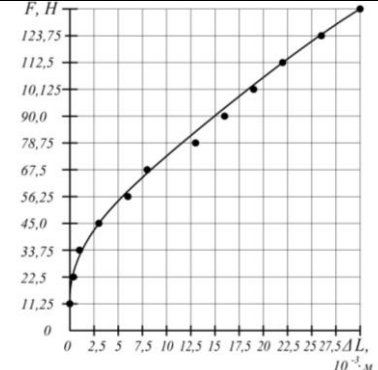

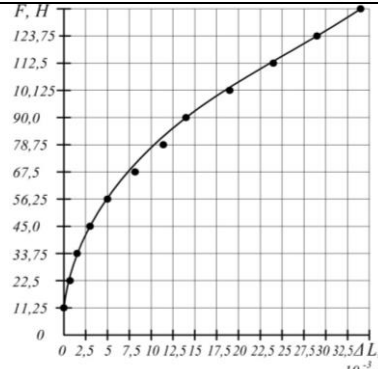

Основні технічні характеристики динамометра електронного марки ДЕ 0,5 -0,5: границя вимірювання сили: максимальна – 500 Н; мінімальна – 2,5 Н; клас точності – 0,5; ціна поділки (дискретність) – 0,5 Н; межа допустимої основної похибки – 2,5 Н; габаритні розміри: довжина – 0,38 м, ширина – 0,2 м, висота – 0,1 м.

Живлення динамометра здійснюється від мережі змінного струму із напругою від 187 до 242 В та частотою від 49 до 51 Гц через зовнішній блок живлення із вихідною напругою 9 В та струмом не менше 1 А. Споживча потужність динамометра не перевищує 5 Вт. Тривалість циклу вимірювання не більше 4 с.

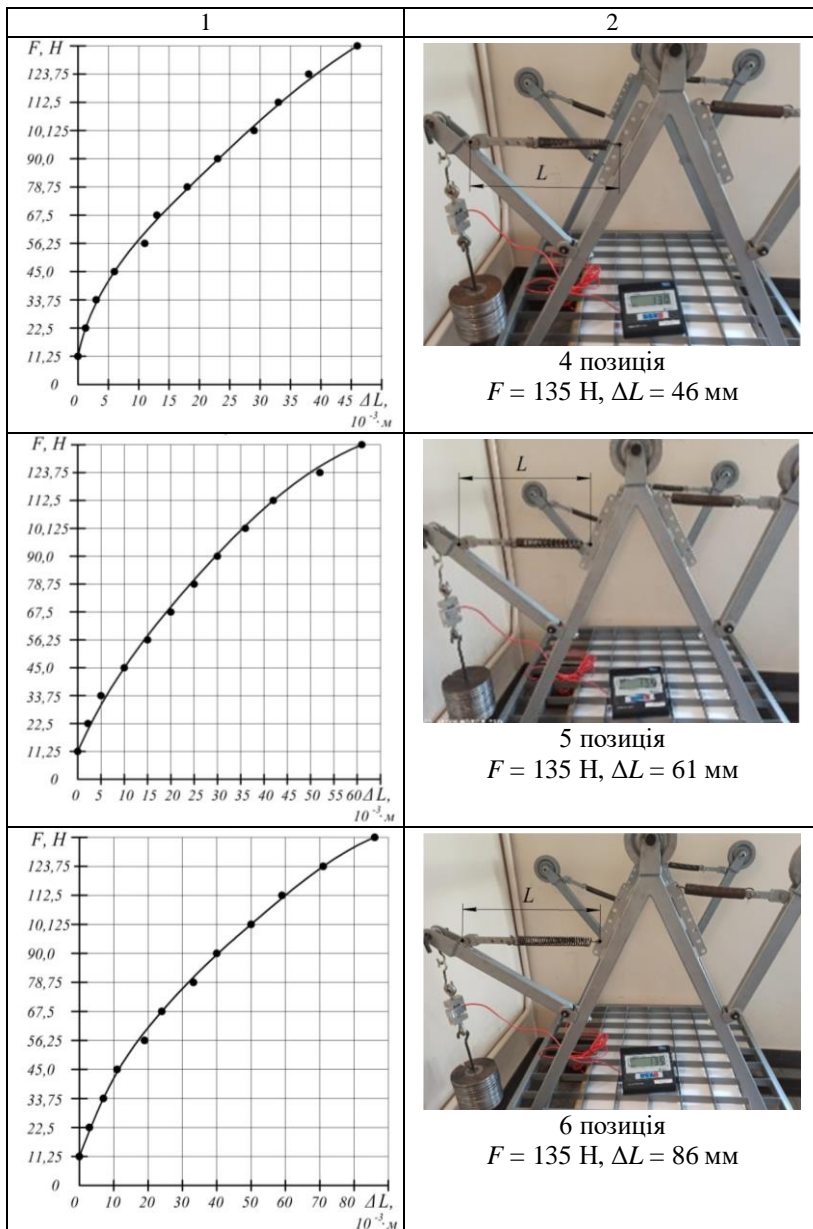
Результати дослідження та обговорення

Результати експериментальних досліджень зміни довжини L між точками кріплення тяги та, з іншого боку, пружини, за різних значень навантаження важеля F і видовження пружини ΔL зведено в таблицю.

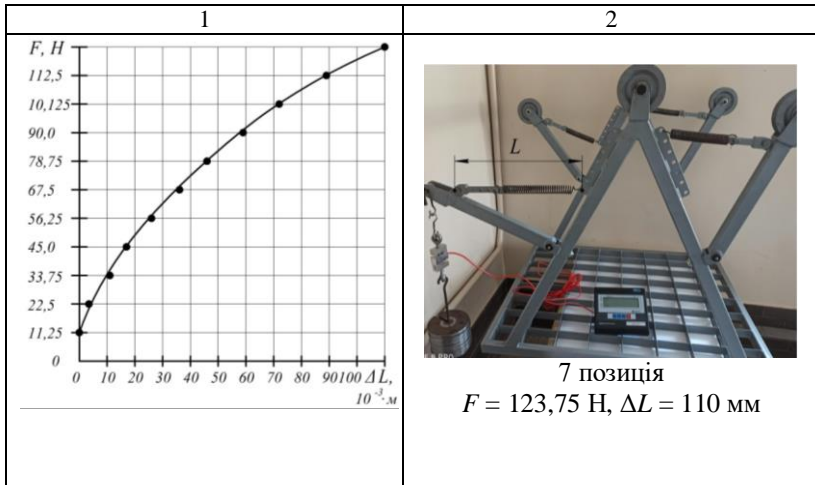
Таблиця – Функціональні залежності зміни $F = f(\Delta L)$ та вимірювання довжини L для семи позицій пружини

Графічна залежність	Позиція пружини
<p style="text-align: center;">1</p> 	 <p style="text-align: center;">1 позиція $F = 135 \text{ Н}, \Delta L = 26 \text{ мм}$</p>
	 <p style="text-align: center;">2 позиція $F = 135 \text{ Н}, \Delta L = 30 \text{ мм}$</p>
	 <p style="text-align: center;">3 позиція $F = 135 \text{ Н}, \Delta L = 34 \text{ мм}$</p>

Продовження таблиці



Продовження таблиці



Довжина L визначається за залежністю $L = L_T + L_{прн} + \Delta L$ (де L_T – довжина тяги, мм; $L_{прн}$ – початкова довжина пружини, мм; ΔL – деформація пружини, мм).

Під час проведення експериментальних досліджень були застосовані дві різних пружини із відповідними жорсткостями: $C_1 = 1,4 \cdot 10^3$ Н/м; $C_2 = 2 \cdot 10^3$ Н/м. Визначення жорсткостей пружин здійснювалося за допомогою тарувальних вантажів, маса яких дискретно збільшувалася. Під час дослідження фіксувалося абсолютне та відносне видовження пружин. Графічні залежності побудовані для пружин із жорсткістю $C = 1,4 \cdot 10^3$ Н/м.

За результатами проведених експериментальних досліджень, які представлені в таблиці, встановлено, що у сьомому положенні кріплення пружини (мінімальна відстань від кріпильного отвору) до основи рамної конструкції за навантаження понад 123,75 Н відбувається повне повертання важеля із роликом та механізм втрачає своє функціональне призначення.

На рис. 3 представлені зведені графічні залежності $F = f(\Delta L)$ (за усіма позиціями в отворах плоских пластинах рамної конструкції). Встановлено, що за зусилля $F = 123,75$ Н в першому положенні фіксації пружини значення ΔL становить 0,024 м; у четвертому положенні – $\Delta L = 0,047$ м; у сьомому положенні – $\Delta L = 0,1$ м.

Таким чином, зміна кріплення пружин в отворах плоских пласти з відстанню між центрами першого та сьомого отворів рівною 0,18 м

призводить до зростання величини ΔL у 4,2 рази за зусилля $F = 123,75$ Н.

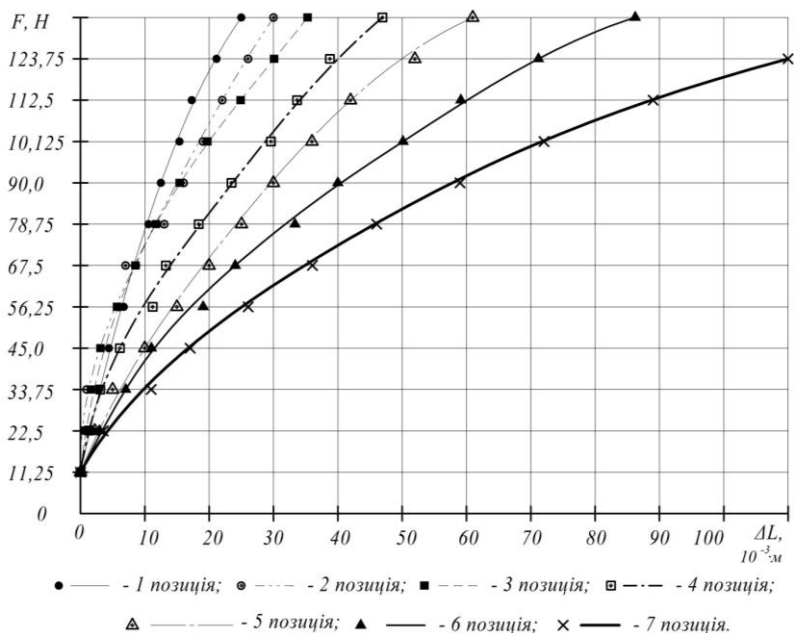


Рис. 3 – Зведені графічні залежності (за усіма позиціями) $F = f(\Delta L)$

Проведені натурні експериментальні дослідження розробленого механізму, загальний вигляд зони завантаження якого тарою та початок її переміщення в зону вивантаження в транспортно-технологічній системі представлено на рис. 4.

Аналіз результатів проведених досліджень дозволив встановити, що домінуючими факторами, які впливають на якісні показники виконання технологічного процесу є сила натягу канатів в межах 1000–3000 Н для транспортування двох ящиків з яблуками масою до 100 кг та кут нахилу α канатів до горизонту, збільшення якого понад 15 град. призводить до різкого зменшення часу транспортування вантажів.

Також важливим фактором, який впливає на коливання рамної конструкції є сила підтискання роликми, які закріплені на важелях, нижньої поверхні канатів. Така сила в початковий момент контакту повинна бути мінімальною і в подальшому суттєво зростати.

Величина прогинів канатів від сили їх натягу та маси вантажів є максимальною в середній частині канатів, а тому важливо, щоб кінетична енергія при переміщенні рамної конструкції з вантажами була достатньою для проходження даної зони механізму.

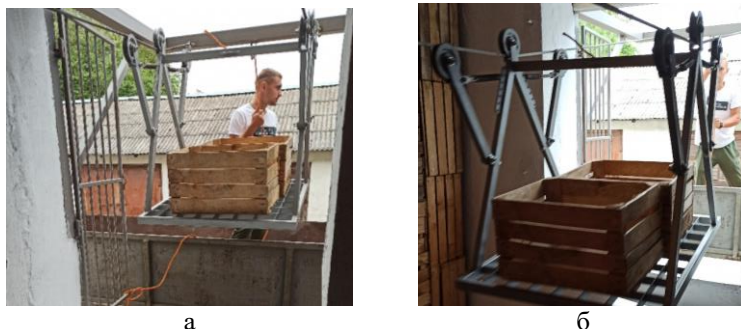


Рис. 4 – Загальний вигляд зони завантаження тари (а) та початок її переміщення (б)

Висновки

На основі виготовленого канатного механізму проведені експериментальні дослідження та встановлені функціональні залежності $F = f(\Delta L)$ для пружин підтиснутих важелями (для семи позицій кріплення пружин).

Домінуючими факторами, які впливають на якість виконання технологічного процесу є сила натягу канатів в межах 1000–3000 Н для транспортування вантажів масою до 100 кг та кут нахилу α канатів до горизонту, збільшення якого понад 15 град. призводить до різкого скорочення часу транспортування вантажів.

Сила підтискання роликів, які закріплені на важелях, нижньої поверхні канатів в початковий момент контакту повинна бути мінімальною і в подальшому суттєво зростати.

Величини прогинів канатів є максимальними в середній частині канатів, а тому важливо, щоб кінетична енергія при переміщенні рамної конструкції з вантажами була достатньою для проходження даної зони механізму.

Список посилань

1. Гевко, Р.Б., Вітровий, А.О., Пік, А.І. (2012). Підвищення технічного рівня гнучких гвинтових конвеєрів: монографія. Астон, Тернопіль, 204.
2. Гевко, Р.Б., Рогатинський, Р.М., Розум, Р.І., Клендій, М.Б. та ін. (2018). Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та

- перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах. ФОП Осадца Ю.В., Тернопіль, 180.
3. Иванченко, Ф.К. (1988). Конструкция и расчёт подъёмно-транспортных машин. Вища школа, Київ, 426.
 4. Ляшук, О.Л., Гевко, Р.Б., Дзюра, В.О., Кирик, О.М., Довбиш, А.П. (2019). Створення та модернізація транспортно-технологічних механізмів машин і обладнання. ФОП Паляниця В.А., Тернопіль, 167.
 5. Ляшук, О.Л. (2010). Коливання канатів гнучких конвеєрів для транспортування насипних вантажів. Збірник науково-технічних праць. Національний лісотехнічний університет України, 20(9), 84–88.
 6. Ляшук, О.Л., Колесник, О.А., Мельничук, С.Л. (2016). Теоретичне дослідження підвісних механізмів піднімально-транспортних лебідок. Наукові нотатки, 53, 97–102.
 7. Гевко, Р.Б., Никеруй, Ю.С. (2019). Експериментальна установка та методика проведення досліджень канатного механізму для завантаження малих складських приміщень яблуками у тарі. Наукові нотатки, 67, 29–33.
 8. Мартинців, М.П. (1996). Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок. Ясмина, Київ, 175.
 9. Мельничук, С.Л., Клендій, В.М. (2015). Установка для дослідження силових і конструктивних параметрів канатних механізмів. Сільськогосподарські машини, 34, 59–66.
 10. Гевко, Р.Б., Гладь, Ю.Б., Шинкарик, М.І., Клендій, О.М. (2014). Динамічний розрахунок запобіжного пристрою шнекового транспортера. Вісник інженерної академії України, 2, 163–168.