

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

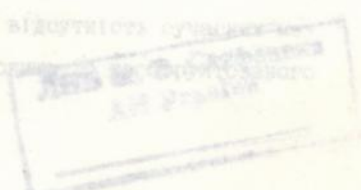
ГОЛОПЕРОВ ІГОР ВІКТОРОВИЧ

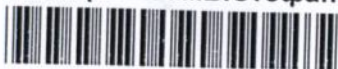
РОЗРОБКА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ
ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПОТОКОВО-
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ СОЛЕПІДПРИЄМСТВ

Спеціальність 05.18.18-"Машини та
агрегати харчової,
мікробіологічної
та фармацевтичної
промисловості"

Автореферат дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

КИЇВ - 1996





00752572 (S)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій.

Наукові керівники - доктор технічних наук, професор

- Кривопляс О. П.

- кандидат технічних наук, доцент
Гавва О. М.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Некоз О. І.

- кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник Сухий Л. О.

Провідна організація - ВО "АРТЕМСІЛЬ"

Захист відбудеться 18 вересня 1996р. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 01.15.04 Українського державного університету харчових технологій за адресою: м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, ауд. А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету харчових технологій.

Автореферат розісланий "12" серпня 1996р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к. т. н., доцент

Зав'ялов В. Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. До складу соляної промисловості України входять різні підприємства, які відрізняються як за характером технологій виробництва солі, так і за структурою переробки вантажів.

На більшості підприємств основні технологічні процеси виробництва солі механізовані та автоматизовані.

Поряд з цим, операції фасування, перевантаження, складування і відвантаження готової продукції мають ще дуже велику частину ручної праці, що не забезпечує необхідні економічні показники та показники якості.

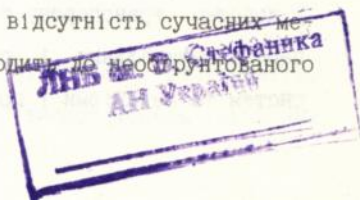
Вирішення питань з комплексної механізації заключних операцій ускладнюється через велику кількість транспортних вантажних потоків штучних вантажів, які мають різні фізико-механічні властивості, а також недостатністю необхідного високоефективного обладнання.

Механізований комплекс обладнання, що здійснює операції транспортування, накопичення, орієнтування, перевантаження, укрупнення вантажних одиниць, називається потоково-транспортною системою солевідприємств (ПТС).

Одним із елементів усіх потокових ліній є транспортна система, яка забезпечує об'єднання окремих операцій в єдиний безперервний процес. Транспортні системи вирішують також завдання по з'єднанню та роз'єднанню вантажних потоків.

Від злагодженої роботи транспортуючих і перевантажувальних пристроїв, у більшості випадків, залежить забезпечення ритму роботи як технологічної потокової лінії, так і потоково-транспортної системи в цілому.

Недосконалість, а в деяких випадках відсутність сучасних методів розрахунку транспортних систем, приводить до неопрацьованого



вибору їх конструктивних і кінематичних параметрів, не дозволяє достовірно встановити тривалість транспортування, перевантаження, орієнтування вантажів, продуктивність пристроїв і потоково-транспортної системи в цілому, встановити вплив різних параметрів на якісні показники процесів перевантаження і орієнтації вантажів.

Мета роботи. Розробка методів розрахунку і проектування перевантажувальних пристроїв потоково-транспортних систем со-лелідприємств з метою підвищення їх технічного рівня і надійного функціонування.

Основні завдання наукового дослідження: встановити функціональну залежність між продуктивністю потоково-транспортної системи, власними та залежними простоями машин, які входять у дану систему; розробити методику розрахунку раціональних параметрів місткості конвейерів - накопичувачів вантажів потоково-транспортних систем; аналітично провести дослідження процесів переміщення вантажів з подаючого на магістральний конвейер, який розташований під кутом до напрямку подачі вантажів; на базі математичного моделювання складного плоского руху вантажів розробити методику розрахунку операції орієнтування тарно-штучних вантажів на гравітаційних спусках; розробити методику інтенсифікації процесів орієнтування тарно-штучних вантажів на гравітаційних спусках; встановити адекватність розроблених математичних моделей щодо реальних процесів переміщення вантажів у пристроях для їх орієнтування; розробити рекомендації щодо застосування методик розрахунку та вибору раціональних параметрів даних пристроїв.

Об'єкт досліджень. В якості об'єктів досліджень вибрані: фасована у жорстку транспортну тару сіль; операції переміщення вантажів у перевантажувальних і орієнтуючих пристроях потоково-транспортних систем та механізми і пристрої для реалізації даних операцій.

Методи досліджень. У роботі виконано комплекс теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретичні дослідження проводились методами математичного моделювання з використанням основних положень динаміки твердого тіла, теорії диференційованих рівнянь, знайдених рівнянь геометричних зв'язків. Одержані нелінійні диференційовані рівняння розв'язувались чисельними методами на ЕОМ.

Експериментальні дослідження проводились методом фотограмметрії на спеціально спроектованих і виготовлених у лабораторіях УкрНДІсісл установках, які були оснащені сучасними вимірювальними приладами.

Наукова новизна виконаних досліджень полягає в отриманні функціональної залежності між продуктивністю потоково-транспортної системи, власними і залежними простоями машин, що входять у дану систему; методи визначення оптимальних параметрів місткості конвейерів міжмашинних накопичувачів потоково-транспортних систем; математичних моделей процесів переміщення тарно-штучних вантажів у перевантажувальних і орієнтуючих пристроях; методів інтенсифікації операції орієнтування вантажів на гравітаційних спусках.

Практична цінність. За допомогою отриманих результатів теоретичних та експериментальних досліджень можна здійснювати комплекс робіт по розрахунку, проектуванню і удосконаленню перевантажувальних потоково-транспортних систем. Тобто: проводити оцінку продуктивності існуючих потоково-транспортних систем і розкривати резерви її підвищення; здійснювати обґрунтований вибір геометричних параметрів конвейерів міжмашинних накопичувачів; проводити проектні та перевірові розрахунки основних конструктивних параметрів перевантажувальних і орієнтуючих пристроїв; знаходити раціональні технічні рішення вузлів перевантажувальних пристроїв.

Достовірність роботи. Достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій забезпечується використанням сучасних

методів теоретичних та експериментальних досліджень, методів планування експериментів, ЕОМ та вимірювальних приладів і підтверджується позитивною відповідністю результатів, отриманих за рекомендованими розрахунковими формулами і експериментально, а також за результатами випробувань і експлуатації потоково-транспортних систем на підприємствах соляної промисловості.

Реалізація результатів роботи. Результати теоретичних і експериментальних досліджень використані в УкрНДісіть, на етапах виконання науково-дослідних робіт по створенню обладнання для переміщення, орієнтування та перевантаження тарно-штучних вантажів у потоково-транспортних системах, за безпосередньою участю автора як відповідального виконавця; тема 0221. "Створення устаткування для групового пакування та безпіддонного пакування фасованої солі з використанням термоусадної плівки"; тема 0225. "Розробка та впровадження лінії скріплення безпіддонних пакетів фасованої солі термоусадною плівкою"; тема 0480. "Розробка та виготовлення автоматизованої лінії безпіддонного пакування тарно-штучної продукції та пакування в оболонку з термоусадної плівки".

Результати досліджень використані УкрНДісіть при розробці конструкторської документації та виготовленні потоково-транспортних систем підприємств соляної промисловості.

Загальний розрахунковий економічний ефект від впровадження поточкових ліній безпіддонного пакування тарно-штучних вантажів на рудниках №3 і №7 ВО "АРТЕМСІЛЬ" складає 406 840 крб. (Розрахунки виконані в цінах 1990р.).

Апробація роботи. Дисертаційна робота викладена і схвалена на засіданні кафедри "Технічна механіка і пакувальна техніка" Українського державного університету харчових технологій, науковій раді УкрНВОСіть.

Основні положення роботи були викладені й обговорені на: Українській республіканській науково-технічній конференції, м.Київ, 1991р.; міжнародній науково-технічній конференції, м.Київ, 1993р.; на Всеукраїнській науково-технічній конференції, м.Київ, 1995р.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано п'ять друкованих праць.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури, який містить 87 найменувань. Викладена на 198 сторінках машинописного тексту, має 13 таблиць, 30 рисунків.

Особистий внесок автора полягає у конкретному визначенні завдань, постановці та проведенні аналітичних і експериментальних досліджень, обробці їх результатів, а також практичній реалізації результатів роботи.

Короткий зміст роботи. У вступі обґрунтована тема дисертаційної роботи. Показана актуальність проблеми створення удосконалених потоково-транспортних систем на підприємствах соляної промисловості з метою комплексної механізації заключних операцій.

Розглянуті також питання специфіки компоновочних рішень для потоково-транспортних систем солепідприємств.

Відмічена важливість перевантажувальних пристроїв в потоково-транспортних системах, а також недостатність методів їх розрахунків.

У першому розділі приведена характеристика тарно-штучних вантажів підприємств соляної промисловості; запропоновані класифікації потоково-транспортних систем і перевантажувальних пристроїв.

Виконаний літературний огляд наукових робіт з теоретичних основ розрахунку технологічних операцій, які виконуються в перевантажувальних і орієнтуючих пристроях, зроблені висновки і сформульо-

вані завдання наукових досліджень.

На основі проведеного огляду нормативної та технічної літератури встановлено, що значну частину фасованої продукції соляної промисловості складають тарно-штучні вантажі в жорсткій тарі.

Аналіз існуючих потоково-транспортних систем підприємств соляної промисловості показав, що подальший їх розвиток повинен ґрунтуватися на використанні індустриальних технологій переробки вантажних потоків. Такі технології передбачають створення укрупнених вантажних одиниць (транспортні пакети, контейнери), які забезпечують ефективність транспортування, зберігання і виконання НРТС робіт.

Питанням компоновки типових схем потокових ліній і аналізу їх продуктивності присвячені роботи В.Н.Шувалова, Г.А.Шаумяна, О.Г.Луніна, А.І.Соколенка та інших.

Теорії та розрахункам перевантажувальних пристроїв у більшій або меншій мірі присвячені роботи В.П.Боброва, Е.А.Бронштейна, Ю.В.Бурляя, Е.А.Буланова, О.М.Гавви, Е.В.Конторовича, О.Г.Луніна, Г.Я.Масова, А.Н.Рубашова, Л.О.Сухого, В.А.Турковського, В.З.Шапрана та інших.

Найбільш повно теоретичні основи переміщення штучних вантажів у перевантажувальних пристроях освітлені в роботах К.Е.Івановського, В.М.Любимова, О.П.Кривопляса.

Але залишається багато невирішених питань, які стосуються: визначення оптимальних значень місткості конвейерів міжмашинних накопичувачів; розрахунку раціональних параметрів перевантажувальних пристроїв, у яких вантаж здійснює складний плоский рух.

Другий розділ присвячений дослідженню функціональної залежності продуктивності ПТС від власних і залежних простоїв обладнання, яке входить у дану систему, а також розробці методики розрахунку оптимальних значень місткості конвейерів-накопичувачів.

Поряд з існуючими теоретичними дослідженнями продуктивності поточкових ліній поза увагою досліджень залишилися питання щодо особливостей розрахунку продуктивності ПТС.

Однією з характерних особливостей при визначенні продуктивності ПТС солепідприємств є урахування трансформації вантажних потоків. Особливо це характерно при застосуванні індустриальних технологій переробки вантажів.

Для погодженості ритмів роботи обладнання в ПТС вводиться коефіцієнт трансформації ξ_n вантажного потоку

$$\xi_n = \frac{m_2}{m_1} = \frac{z_2}{z_1}; \quad (1)$$

де m_1, m_2 - маси вантажних одиниць до і після процесу укрупнення; z_1, z_2 - кількість одиниць вантажів до і після укрупнення.

При багатоетапному укрупненні вантажних одиниць, загальний коефіцієнт трансформації вантажного потоку можна визначити:

$$\xi_n = \xi_1 \cdot \xi_2 \dots \xi_i; \quad (2)$$

де $\xi_1, \xi_2 \dots \xi_i$ - коефіцієнти трансформації вантажних потоків, відповідно на першому, другому та інших етапах укрупнення вантажних одиниць.

Для оцінки конструктивного удосконалення ПТС необхідно визначати технічну продуктивність, при цьому враховуються циклічні та власні нециклічні втрати

$$Q_r = k_{т.в.} \cdot \xi_n \cdot Q_{у.мін}; \quad (3)$$

де $k_{т.в.}$ - коефіцієнт технічного використання ПТС; $Q_{у.мін}$ - циклова продуктивність машини з найменшою продуктивністю.

З формули (3) видно, що керувати Q_r можна лише значеннями $k_{т.в.}$, а тому в роботі наведені дослідження по визначенню залежності коефіцієнта технічного використання від власних і залежних простоїв машин.

Дослідження проведені для ПТС з жорсткими та гнучкими транспортними зв'язками.

У першому випадку підвищення значень $k_{г.в.}$ можливо лише при: збільшенні надійності окремих машин і механізмів; зменшенні кількості жорстко зв'язаних між собою машин.

У другому випадку наявність конвейерів-накопичувачів дозволяє зменшити вплив простою одного механізму на інший.

На основі проведеного аналізу функціонування ділянки ПТС при різних режимах роботи встановлена функціональна залежність між $k_{г.в.}$ і власними і залежними простоями машин.

$$k_{г.в.} = t_p (t_p + t_{22} + t_{21} + t_{23})^{-1} = (1 + \rho_{22} + \rho_{21} + \rho_{23})^{-1}; \quad (4)$$

де ρ_{22} - власні відносні простои машин з найбільшою тривалістю циклу; ρ_{21}, ρ_{23} - залежні відносні простои машин з найбільшою тривалістю циклу; t_p - тривалість безвідмовної роботи машин; t_{21}, t_{22}, t_{23} - тривалість простоїв відповідно машин I, II і III (ділянки ПТС, прийнятої для дослідження) у відповідності до простою машини з найбільшою тривалістю циклу.

Формулу (4) запишемо у загальному вигляді

$$k_{г.в.} = \left(1 + \sum_{i=1}^m \rho_{ji} - \sum_{i=1}^{m-1} \rho_{xpi} \right)^{-1}; \quad (5)$$

Далі в роботі на основі одержаних формул по визначенню критичного часу простоїв машин розроблена методика розрахунку оптимальних значень місткості конвейерів-накопичувачів. При цьому за вихідні дані приймалися: тривалість робочого циклу операції T_i ; довжина вантажів на підвідному і відвідному конвейерах a_{i-1} ; a_{i+1} ; швидкість несучого полотна конвейерів V_{i-1} ; V_{i+1} ; тривалість робочих циклів операцій $i-1$; $i+1$; довірна ймовірність ρ ; $T_{в.в. i}$ - середнє значення простоїв машин (при проектуванні нових машин задаються з ряду даних, які одержані для аналогічного або близького за функціонуванням обладнання).

Результати досліджень апробовані при створенні механізованих комплексів для безпіддонного пакетування групових упаковок з сіллю з подальшим їх скріпленням термоусадною плівкою.

У третьому розділі на основі математичного моделювання складного плоского руху досліджені операції орієнтування тарно-штучних вантажів нерухомим упором і прямою площиною на гравітаційних спусках.

Характерною особливістю операцій орієнтування штучних вантажів на гравітаційних спусках в порівнянні з аналогічними операціями, які виконуються на стрічці конвейера, є їх виконання під дією сили гравітації, а не сили тертя.

Операція розвороту штучних вантажів нерухомим упором на гравітаційних спусках (рис.1), представлена як сукупність семи характерних етапів: перший - переміщення штучного вантажу на гравітаційній площині до моменту контакту з упором; другий - прямий нецентральный удар вантажу об упор; третій - переміщення вантажу при відскакуванні після удару; четвертий - повторний удар вантажу об упор; п'ятий - розворот вантажу без ковзання по упору; шостий - розворот вантажу при одночасному ковзанні його по упору; сьомий - ковзання вантажу на гравітаційній площині в поперечному напрямку відносно подачі вантажів.

Складний плоский рух вантажу на кожному етапі описується загальними рівняннями динаміки твердого тіла.

Для кожного етапу руху складалася система з трьох диференціальних рівнянь, до складу яких входить більше трьох невідомих. Для розв'язання такої системи відшукуються рівняння геометричних зв'язків. Із сумісного рішення системи диференціальних рівнянь з рівняннями геометричних зв'язків одержуємо залежності, які дозволяють визначити кінематичні параметри руху вантажу і параметри сило-

вого впливу на нього. Послідовність математичного моделювання розглянемо на прикладі моделювання руху вантажу в орієнтуючому пристрої на шостому етапі (рис.2).

Шостий етап характеризується розворотом вантажу при одночасному ковзанні по упору.

Складний плоский рух вантажу на даному етапі описується системою диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} m\ddot{x}_6 = -F_2 \sin \varphi_6 - N_6 \cos \varphi_6 - F_{т6} + mgs \sin \delta; & m\ddot{y}_6 = N_6 \sin \varphi_6 - F_2 \cos \varphi_6 - F_{т6}; \\ J\ddot{\varphi}_6 = F_2 l_6 \cos \beta_6 + N_6 l_6 \sin \beta_6 - M_6; \end{cases} \quad (6)$$

де $l_6 = (y_6 - 0,5c \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi_6 - y_n) \sec \varphi_6$.

Після незначних перетворень системи рівнянь (6) одержимо

$$\ddot{\varphi}_6 = \frac{N_6}{J} \left(f_2 \cdot 0,5c \cdot \cos \gamma + \frac{y_6 - 0,5c \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi_6 \cdot y_6}{\cos \varphi_6} \right) - \frac{M_6}{J}; \quad (7)$$

Із геометричних залежностей запишемо

$$\operatorname{tg} \varphi_6 = \frac{x - x_n + 0,5c \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varphi_6}{y - y_n - 0,5c \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi_6}; \quad (8)$$

Послідовно двічі продиференціюємо рівняння (8), одержимо

$$\ddot{x}_6 - \ddot{y}_6 \operatorname{tg} \varphi_6 - \ddot{\varphi}_6 \cdot d_4 \cdot \sec^2 \varphi_6 - d_5 = 0; \quad (9)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) разом з рівнянням (9) одержимо

$$N_6 = \frac{mg \sin \delta - F_{т6} + F_{т6} \operatorname{tg} \varphi_6 + (12 M_6 d_4 \sec^2 \varphi_6) \cdot c^{-2}}{m(d_1 + d_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_6 + d_3 \cdot d_4 \cdot \sec^2 \varphi_6)}; \quad (10)$$

де d_1, \dots, d_5 - введені змінні величини, які залежать від φ . Закінчення шостого етапу наступить в момент відриву вантажу від упору. Умову завершення шостого етапу можна записати у вигляді

$$N_6 \leq 0; \quad (11)$$

Отримані аналітичні залежності дозволяють визначити як кінематичні параметри руху вантажу, так і раціональні параметри орієнтуючого пристрою.

Рівняння, які описують складний плоский рух вантажу в орієнтованих пристроях, є нелінійними і розв'язуються чисельними методами на ЕОМ.

Одним із основних недоліків чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь є одержання одного значення вихідного параметра при одному наборі постійних констант, що не дозволяє проводити аналіз впливу окремих факторів на процес орієнтування.

Тому, для виявлення факторів, якими можна ефективно керувати процесом орієнтування вантажів на похилій площині нерухомих упором, проведений активний експеримент.

До числа факторів, які впливають на зміну параметрів процесу орієнтування можна віднести: a - довжина вантажу; b - ширина вантажу; m - маса вантажу; x_a - координата відстані від початкового розташування вантажу до упору; f_1 - коефіцієнт тертя ковзання вантажу на гравітаційній площині; f_2 - коефіцієнт тертя ковзання вантажу по упору; β - кут між поздовжньою віссю симетрії вантажу і відрізком, який проходить через центр симетрії вантажу і упору; α - кут нахилу гравітаційного спуску відносно горизонтальної площини; χ - коефіцієнт відновлення швидкості після удару.

В результаті досліджень одержані такі рівняння регресії

$$\hat{y} = 1.073 + 0.052x_1 + 0.0835x_2 + 0.0665x_3 - 0.591x_4 + 0.4448x_5 + 0.0225x_6 - 0.4385x_7 - 0.4225x_8 + 0.1452x_9; \quad (12)$$
$$\hat{y} = 1.132 - 0.0717x_1 + 0.0895x_2 + 0.0983x_3 - 0.6717x_4 + 0.3788x_5 - 0.0267x_6 - 0.4462x_7 - 0.3933x_8 + 0.1167x_9; \quad (13)$$

Із рівнянь регресії (12) та (13) видно, що параметрами, якими можна ефективно керувати процесом орієнтування є x_4 , x_5 , x_7 , x_8 або x_a , f_1 , β , α .

Приведемо рівняння регресії (12) і (13) до дійсних значень факторів

$$\text{Top.1} = 2.8968 + 0.5474a + 0.8789b + 0.0089m - 0.5910x_A + 5.9307f_1 + \\ + 0.1125f_2 - 0.0877\beta - 0.0844\alpha + 3.2267k; \quad (14)$$

$$\text{Top.2} = 4.5143 - 0.7547a + 0.9421b + 0.0131m - 0.6717x_A + 3.788f_1 - \\ - 0.1335f_2 - 0.0892\beta - 0.6717\alpha + 3.793k; \quad (15)$$

При розробці математичних моделей процесу орієнтування вантажів напрямною площиною на гравітаційних спусках застосовані аналогічні припущення і математичні прийоми. Складний плоский рух вантажу на кожному етапі описувався загальними рівняннями динаміки твердого тіла.

У результаті проведення аналітичних досліджень одержані рівняння і формули, які дозволяють визначити раціональні кінематичні параметри руху вантажу і величину силової дії на нього при ударній взаємодії з робочою поверхнею напрямної площини, встановити вплив габаритів і коефіцієнтів тертя вантажу по площинах конструктивних елементів пристроїв на його кінематичні параметри, а також знайти фактори, якими можна інтенсифікувати процес орієнтування.

У четвертому розділі наведені дослідження операцій перевантаження штучних вантажів з подаючого конвейера на магістральний, який розташований під кутом до напрямку подачі вантажів (рис.3). При розробці математичних моделей процес перевантаження тарно-штучного вантажу представлений як сукупність шести характерних етапів руху.

Наявність кожного із етапів обумовлена характером силової дії на вантаж як зовнішніх, так і внутрішніх навантажень, які залежать від геометричних та кінематичних параметрів перевантажувального пристрою.

Перший етап характеризується переміщенням вантажу по подаючому конвейеру до моменту початку його складного плоского руху.

Другий етап складний плоский рух вантажу одночасно по подаючому та магістральному конвейерах.

Третій етап складний плоский рух вантажу з одночасним його

розворотом відносно лінії контакту з напрямною площиною (точка Т).

Четвертий етап - розворот вантажу на магістральному конвейері при одночасному ковзанні його по напрямній площині.

П'ятий етап розворот вантажу при одночасному ковзанні його по двох напрямних площинах магістрального конвейера.

Шостий етап ковзання вантажу по стрічці магістрального конвейера після відриву від напрямної площини.

Порядок моделювання операції переміщення вантажу з подаючого на магістральний конвейер розглянемо на прикладі найбільш характерного для складного плоского руху третього етапу (рис.4).

Прийmemo припущення, що радіус закруглення напрямної площини дуже малий, а тому його значенням будемо нехтувати.

Даний етап можна представити як сукупність двох підетапів. Перший підетап характеризується розвертанням вантажу без ковзання по напрямній площині в точці Т, а другий - з ковзанням.

Перший підетап характеризується наявністю неповної сили тертя вантажу по поверхні напрямної площини і визначається умовою

$$Q_1 = f_3 \cdot N_1; \quad (16)$$

де f_3 - коефіцієнт тертя ковзання вантажу по напрямній площині магістрального конвейера; N_1 , Q_1 - нормальна і дотична складові повної реакції R, яка діє з боку напрямної на вантаж. Рух вантажу на першому підетапі описується системою диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_{x1} + F_{x2} - N_1 \cos \varphi - Q_1 \cdot \sin \varphi; \\ m\ddot{y} = F_{y1} - F_{y2} + N_1 \sin \varphi - Q_1 \cdot \cos \varphi; \\ J\ddot{\varphi} = F_{y1} \cdot l_{y1} - F_{x1} \cdot l_{x1} + F_{x2} \cdot l_{x2} - F_{y2} \cdot l_{y2} - N_1 \cdot l_{n1} + Q_1 \cdot 0,5b, \end{cases} \quad (17)$$

В системі рівнянь (17) невідомими величинами є змінні параметри x , y , φ і їх похідні, а також нормальна N і дотична Q , складові реакції R . Тобто, в трьох рівняннях п'ять невідомих.

Відсутні рівняння для розв'язання даної системи знаходимо

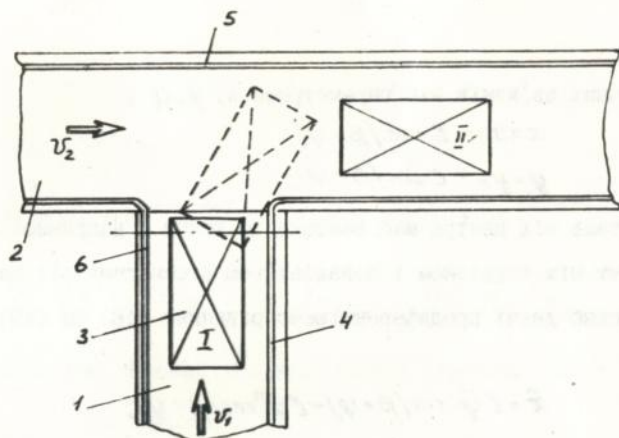


Рис. 3. Схема процесу перевантаження штучного вантажу з подаючого конвейєра на магістральний, що розташований під кутом до напрямку подачі вантажу.

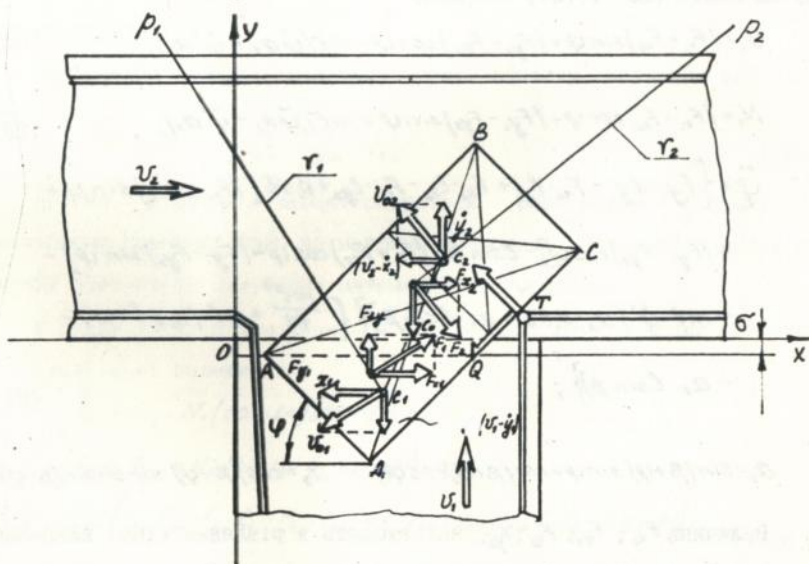


Рис. 4. Схема силової дії на вантаж при його розвороті з одночасним ковзанням по напрямній площині у точці Т.

із геометричних зв'язків між параметрами x, y, φ ;

$$x = x_T - l \cdot \cos(\beta + \varphi); \quad (18)$$

$$y = y_T + l \cdot \sin(\beta + \varphi); \quad (19)$$

де l - відстань від центра мас вантажу до точки Т напрямної площини.

β - кут між відрізком і поведовжною віссю симетрії вантажу.

Послідовно двічі продиференціюємо рівняння (18) та (19), одержимо

$$\ddot{x} = l \ddot{\varphi} \cdot \sin(\beta + \varphi) + l \dot{\varphi}^2 \cos(\beta + \varphi); \quad (20)$$

$$\ddot{y} = l \ddot{\varphi} \cdot \cos(\beta + \varphi) - l \dot{\varphi}^2 \sin(\beta + \varphi); \quad (21)$$

Розв'язавши систему рівнянь (16) разом з рівняннями геометричних зв'язків (20) і (21) одержимо

$$Q_1 = (F_{x_1} + F_{x_2}) \sin \varphi + (F_{y_1} - F_{y_2}) \cos \varphi - ml(\ddot{\varphi} a_1 + \dot{\varphi}^2 a_2); \quad (22)$$

$$N_1 = (F_{x_1} + F_{x_2}) \cos \varphi - (F_{y_1} - F_{y_2}) \sin \varphi + ml(\ddot{\varphi} a_2 + \dot{\varphi}^2 a_1); \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} = & \{ F_{y_1} \cdot l_{y_1} - F_{x_1} \cdot l_{x_1} + F_{x_2} \cdot l_{x_2} - F_{y_2} \cdot l_{y_2} + 0,5b [(F_{x_1} + F_{x_2}) \sin \varphi + \\ & + (F_{y_1} - F_{y_2}) \cos \varphi] - l \sin \beta [(F_{x_1} + F_{x_2}) \cos \varphi - (F_{y_1} - F_{y_2}) \sin \varphi] - \\ & - ml \cdot \dot{\varphi}^2 [a_2 \cdot 0,5b + a_1 \cdot l \sin \beta] \} \left\{ \frac{ml^2}{12} + ml \cdot (0,5b \cdot a_1 - \right. \\ & \left. - a_2 \cdot l \sin \beta) \right\}^{-1}; \end{aligned} \quad (24)$$

де $a_1 = \sin(\beta + \varphi) \cdot \sin \varphi + \cos(\beta + \varphi) \cos \varphi$; $a_2 = \cos(\beta + \varphi) \cdot \sin \varphi - \sin(\beta + \varphi) \cos \varphi$

Величини F_{x_1} ; F_{y_1} ; F_{x_2} ; F_{y_2} , які входять в рівняння (16) визначалися з апроксимаційних залежностей

$$F_{x1} = F_1 \cdot \sin \alpha_1; \quad F_{y1} = F_1 \cdot \cos \alpha_1; \quad F_{y2} = F_2 \cdot \cos \alpha_2; \quad F_{x2} = F_2 \cdot \sin \alpha_2;$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{\dot{x}_1}{v_1 - \dot{y}_1}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{v_2 - \dot{x}_2}{\dot{y}_2};$$

$$F_1 = \frac{S_1}{S} \cdot mgf_1 (1 - e^{-(k_1 \cdot v_1 + A_0)}); \quad F_2 = \frac{S_2}{S} \cdot mgf_2 (1 - e^{-(k_2 \cdot v_2 + A_0)});$$

де
$$r_1 = \frac{1}{\varphi} \sqrt{\dot{x}_1^2 + (v_1 - \dot{y}_1)^2}; \quad r_2 = \frac{1}{\varphi} \sqrt{(v_2 - \dot{x}_2)^2 + \dot{y}_2^2};$$

Початковими умовами для розв'язання рівняння (24) є $t=0$;

$$\varphi_{H3} = \varphi_{K2}; \quad \dot{\varphi}_{H3} = \dot{\varphi}_{K2};$$

де φ_{K2} ; $\dot{\varphi}_{K2}$ - кутова координата і кутова швидкість в момент закінчення другого етапу.

Розрахунок диференціальних рівнянь на ЕОМ дає чисельні значення координати φ і кутової швидкості $\dot{\varphi}$ вантажу у процесі його руху на першому підетапі.

Закінчення першого підетапу руху вантажу буде при виконанні умови

$$Q_1 < f_3 \cdot N_1; \tag{25}$$

Другий підетап характеризується розворотом вантажу при одночасному ковзанні його по напрямній площині. Складний плоский рух вантажу описується подібними математичними моделями.

У результаті математичного моделювання руху вантажу одержуємо такі аналітичні залежності.

$$\begin{cases} \ddot{x} = (F_{x1} + F_{x2} - N_1 (\cos \varphi + f_3 \sin \varphi)) \cdot \bar{m}^{-1}; \\ \ddot{y} = (F_{y1} - F_{y2} + N_1 (\sin \varphi - f_3 \cos \varphi)) \cdot \bar{m}^{-1}; \\ \ddot{\varphi} = \frac{12}{mc^2} (F_{y1} \cdot l_{y1} - F_{x1} \cdot l_{x1} + F_{x2} \cdot l_{x2} - F_{y2} \cdot l_{y2} + N_1 (0,58 \cdot f_3 - \cos \varphi)); \end{cases} \tag{26}$$

$$N_1 = \left\{ (F_{y1} - F_{y2}) \sin \varphi - \frac{12b_1}{c^2} (F_{y1} \cdot l_{y1} - F_{x1} \cdot l_{x1} + F_{x2} \cdot l_{x2} - F_{y2} \cdot l_{y2}) - \dot{\varphi}^2 b_2 m + b_3 m - (F_{x1} + F_{x2}) \cos \varphi \right\} \cdot \left\{ \frac{12b_1}{c^2} (0,58 \cdot f_3 - \cos \varphi) - 1 \right\}^{-1};$$

Дані рівняння можна розв'язати лише на ЕОМ чисельними методами, вихідними даними для їх розв'язання є: $t=0$; $\varphi''_{H3} = \varphi'_{K3}$; $\dot{\varphi}''_{H3} = \dot{\varphi}'_{K3}$;

$$x''_{H3} = x'_{K3}; \quad y''_{H3} = y'_{K3}; \quad \dot{y}''_{H3} = \dot{y}'_{K3};$$

Закінчення третього етапу руху вантажу наступить при виконанні однієї з умов:

вантаж повністю переходить на магістральний конвейер

$$y_A \geq 0, \text{ або } y \geq 0,5c \cdot \cos(\varphi - \gamma); \quad (27)$$

ребро вантажу (т.В) контактує з прямою площиною магістрального конвейера

$$y_B = y_H, \text{ або } y = y_H - 0,5c \cdot \cos(\varphi - \gamma); \quad (28)$$

У роботі наведені особливості дослідження операції переміщення вантажу з подаючого на магістральний конвейер при виконанні прямої площини із заданим радіусом закруглення, а також при встановленні в місце розриву прямої площини приводного або неприводного барабану.

У результаті проведених досліджень одержані рівняння, які дозволяють визначити раціональні параметри перевантажувальних пристроїв.

П'ятий розділ присвячений експериментальній перевірці математичних моделей, які описують процес переміщення тарно-штучних вантажів у перевантажувальних пристроях.

Експериментальними дослідженнями передбачено; визначити параметри, які входять до математичних моделей і які необхідні для їх створення; провести перевірку адекватності математичних моделей щодо реальних процесів.

Для досягнення даної мети проведено експериментальні дослідження з перевірки адекватності кінематичних параметрів операцій: орієнтування вантажу нерухомим упором на похилій площині; орієнтування вантажу прямою площиною на похилій площині; переміщення вантажу з подаючого на магістральний конвейер, який розташований під кутом 90°

до напрямку подачі вантажів.

Для виконання експериментальних досліджень були спроектовані, виготовлені і змонтовані експериментальні установки.

Результати досліджень оброблялися методами математичної статистики і порівнювались з результатами аналітичних розрахунків, які виконані при аналогічних даних з експериментом.

На рис 5,6,7 приведені графіки залежності кута розвороту φ вантажу від часу t у процесі його орієнтування нерухомим упором, напрямною площиною і перевантажування з подаючого на магістральний конвейер, який розташований під кутом 90° до напрямку подачі вантажів.

Перевірка адекватності аналітичних і експериментальних досліджень дала розбіжність не більше 12%, що допустимо при вирішенні інженерних завдань цього типу.

У шостому розділі наведені основні положення методики проектування перевантажувальних пристроїв потоково-транспортних систем для підприємств соляної промисловості та приведені показники техніко-економічної ефективності впровадження результатів досліджень.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Якісне проектування перевантажувальних пристроїв потоково-транспортних систем, їх удосконалення та експлуатація з високими техніко-економічними показниками можливе на основі науково-обґрунтованих методів розрахунку параметрів операцій переміщення тарно-штучних вантажів у перевантажувальних пристроях. Тому, виконаний у роботі комплекс теоретичних і експериментальних досліджень дозволив вирішити одне із значних народногосподарських завдань - підвищення технічного рівня обладнання для механізації НРТС робіт на підприємствах соляної промисловості. Основними результатами роботи є:

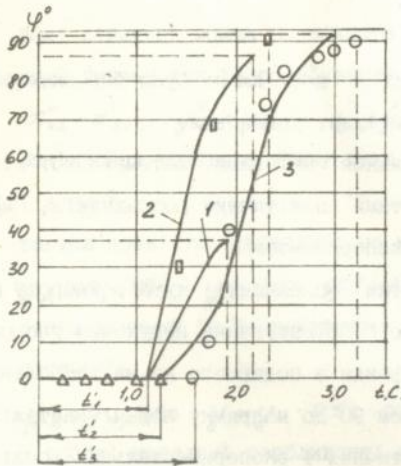


Рис. 5. Графік залежності кута повороту вантажу від часу в процесі його орієнтування нерухомим упором на гравітаційному спускові:
 лінії - графічне зображення теоретичних розрахунків;
 точки - графічне зображення експериментальних даних.
 1. $L_p = 0,01$ м; $\beta_n = 40^\circ$;
 2. $L_p = 0,05$ м; $\beta_n = 40^\circ$;
 3. $L_p = 0,05$ м; $\beta_n = 35^\circ$.

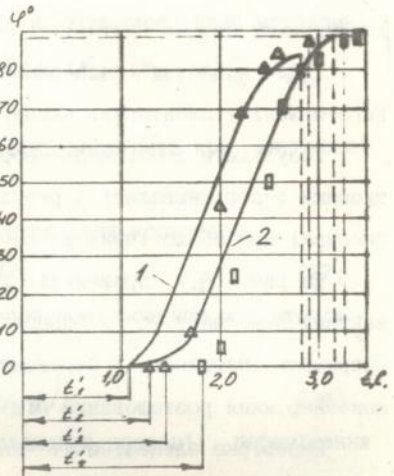


Рис. 6. Графік залежності кута повороту вантажу від часу в процесі його перевантаження з подаючого на магістральний конвейєр, який розташований під кутом 90 до напрямку подачі вантажів:
 лінії - графічне зображення теоретичних розрахунків;
 точки - графічне зображення експериментальних даних.
 1. $a=0,380$ м; $b=0,200$ м;
 2. $a=0,380$ м; $b=0,380$ м;
 $\gamma_{кр} = 0,005$; $\gamma_{кр} = 0,005$.

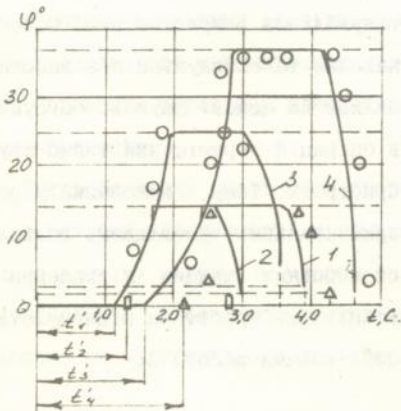


Рис. 7. Графік залежності кута повороту вантажу від часу в процесі його орієнтування напрямлюючою площиною на гравітаційному спуску:
 лінії - графічне зображення теоретичних розрахунків;
 точки - графічне зображення експериментальних даних.
 1. $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 25^\circ$;
 2. $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 33^\circ$;
 3. $\alpha = 26^\circ$; $\beta = 33^\circ$;
 4. $\alpha = 35^\circ$; $\beta = 25^\circ$.

1. Одержана **функціональна залежність** між продуктивністю потоково-транспортної системи, власними і залежними простоями машин, які входять до її складу.

2. Розроблена **методика** визначення оптимальних значень місткості міжмашинних конвейерів-накопичувачів потоково-транспортних систем.

3. На основі **математичного моделювання** складного плоского руху вантажів досліджені такі операції: перевантаження тарно-штучних вантажів з подаючого на магістральний конвейер, який розташований під кутом до напрямку подачі вантажу; орієнтування тарно-штучних вантажів нерухомим упором і напрямною площиною на гравітаційних спусках.

4. У результаті виконаних у даній роботі досліджень одержані кінцеві формули та рівняння для визначення раціональних параметрів таких **перевантажувальних пристроїв**: пристрій перевантажування з подачею на магістральний конвейер, який розташований під кутом до напрямку подачі вантажів; пристрій орієнтування тарно-штучних вантажів нерухомим упором або напрямною площиною на гравітаційних спусках.

5. Вперше, на основі багатofакторного експерименту, одержані поліноміальні **рівняння** для визначення кінематичних параметрів руху вантажів в орієнтувальних пристроях і визначені параметри, якими можна ефективно керувати процесами.

6. Експериментальна перевірка результатів математичного моделювання показала **правомірність** прийнятих при аналітичних дослідженнях припущень, а також **адекватність** математичних моделей щодо реальних процесів технологічних операцій, які досліджувались.

Результати **аналітичних** та експериментальних досліджень випробувані при розробці і впровадженні потоково-транспортних систем на підприємствах соляної промисловості ВО "АРТЕМСІЛЬ".

Розроблену **методику** інженерних розрахунків перевантажувальних пристроїв потоково-транспортних систем соляної промисловості можна

рекомендувати для застосування в усіх галузях Держхарчпрому України, де виконується обробка тарно-штучних вантажів форми паралелепіпеда.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. О.М.Гавва, І.В.Голоперов. Некоторые особенности исследования операции ориентирования тарно-штучных грузов направляющей плоскостью // Тези доп. Респ. наук.-техн. конф. Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК. Киев, КТИШ, 1991. с.419.

2. О.М.Гавва, Г.П.Кудрявцев, І.В.Голоперов "Дослідження операцій переміщення штучного вантажу уздовж прямої площини при нерівномірному розподіленні тиску на опорній площині // Деп. УКРІНТЕД, 1992, с.28.

3. О.М.Гавва, І.В.Голоперов. Дослідження параметрів процесу орієнтування штучних вантажів прямою площиною на стрічці конвейера методом багатofакторного експерименту // Деп. УКРІНТЕД, 1992, с.21.

4. О.М.Гавва, І.В.Голоперов. Розробка методики розрахунку операції переміщення тарно-штучних вантажів з подаючого на магістральний конвейер // Тези доп. Всеукр. наук.-техн. конф. Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК. Київ, 1993, с.481.

5. О.М.Гавва, О.П.Кривопляс, Й.І.Сторіжко, І.В.Голоперов. Залежність продуктивності потокової автоматичної лінії для укрупнення вантажних одиниць від виду транспортних зв'язків. // Тези доп. Всеукр. наук.-техн. конф. Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробні галузі АПК". Київ, УДУХТ, 1995, с.379.

А Н Н О Т А Ц И Я

Голопёров И.В. Разработка методов расчёта параметров перегрузочных устройств поточно-транспортных систем солепредприятий.

Рукопись диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.18. - "Машины и агрегаты пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности". Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1996.

Защищается 5 научных работ, которые содержат теоретические исследования в области разработки методов расчёта параметров перегрузочных устройств потоково-транспортных систем солепредприятий. В диссертационной работе исследованы особенности расчёта производительности поточно-транспортных систем солепредприятий и операций перемещения тарно-штучных грузов в перегрузочных устройствах. Получены функциональные зависимости между производительностью поточно-транспортных систем, зависимыми и независимыми простоями машин, которые входят в данную систему, математические модели для определения рациональных геометрических, кинематических и силовых параметров перегрузочных устройств.

Внедрение результатов работы осуществлено на предприятиях ПО "АРТЕМСОЛЬ", УкрНПОсоль.

ANNOTATION

Golopyrov I.V. Working out the parameters calculation methods of overload devices torrent systems for salt enterprises.


There is a manuscript of dissertation on research science degree's of candidate technical sciences by speciality 05.13.18- "Machines and pharmaceutical industry" Ukrainian State University food technologies. Kiev, 1996.

The manuscript of theses is based on 5 scientific works. The works conclude theoretical investigations in regard of working out calculation methods of the parameters over load devices torrent transport systems for salt enterprises.

The peculiarities of productivity calculation torrent transport systems of salt enterprises and operations of transposition piece-package loads in over load devices are investigated in this theses. Function dependences between productivity of torrent transport systems and depend or independent demurrages of machines which enter in this system and also mathematical models for determination rational geometric kinematic and power parameters of over load devices are received.

The introduction of thesis results into enterprises IU "ARTYOMSALT" and "UkrSIUsalt" is made.

Ключові слова: потокова транспортна система, одиничний вантаж, укрупнена вантажна одиниця, переміщення, орієнтування, продуктивність.



81P.00 9A

Здано до набору 03.07.96. Підписано до друку 04.07.96.
Формат 60x84/16 — 1,6 Спосіб друку офсетний
Тираж 100 екземплярів. Зам. 1989.

Артемівська друкарня Комітету по справах преси
та інформації Донецької облдержадміністрації
м. Артемівськ, вул. Петровського, 123.

438786

