

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЛЕНЗІОН ВАЛЕНТИН ЙОСИПОВИЧ

УДК. 621.798

**ОПТИМІЗАЦІЯ І СИНТЕЗ ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси й обладнання
харчових, мікробіологічних і фармацевтичних
виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
ЯРОВИЙ Володимир Леонідович,
Національний університет харчових
технологій, перший проректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ХОМЕНКО Микола Дмитрович,
інститут післядипломної освіти Націо-
нального університету харчових
технологій, завідувач кафедри
виробництва цукру і сахаридів

доктор технічних наук, професор
ТИЩЕНКО Генадій Петрович,
Український державний хіміко-техноло-
гічний університет, завідувач кафедри
обладнання і технології харчових
виробництв

Провідна установа: Український науково-дослідний інститут
спирту і біотехнології продовольчих про-
дуктів Міністерства аграрної політики
України.

Захист відбудеться “_____” _____ 2006 р. о _____
годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного універ-
ситету харчових технологій за адресою:
01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного
університету харчових технологій за адресою:
01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “_____” _____ 2006 р.
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

Зав’ялов В.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В індустрії напоїв одне з головних місць займають автоматизовані потокові лінії по фасуванню продуктів в різноманітну тару. Тому в сучасному виробництві ставляться підвищені вимоги до розвитку і вдосконаленню всього комплексу обладнання, необхідного для вироблення та розливу продукції в споживчу тару. Лінія фасування є транспортно-технологічною системою (ТТС), в якій транспортній частині належить суттєва роль. Важливе значення одержує узагальнення досвіду експлуатації таких систем з точки зору визначення параметрів і пошуку їх оптимальних співвідношень. Найголовнішою вимогою при цьому є підвищення пропускної спроможності при дотримуванні технологічних показників на необхідному рівні.

Аналізуючи сучасний стан виробництв, їх обладнання та літературні джерела, можливо стверджувати, що теоретична база сучасних ТТС незавершена. Актуальними є встановлення взаємозв'язків між місткістю та кінематичними параметрами ТТС, визначення співвідношень допустимих навантажень на ланцюги з реальними навантаженнями, вибір кінематичних і геометричних параметрів в конвеєрах і накопичувальних пристроях, створення перевантажувальних пристроїв, використання яких дозволяє забезпечувати надійний перехід виробів і автоматичне саморозвантаження перехідних містків.

В сучасному баченні транспортні системи поєднують вимоги високої пропускної спроможності, обмеження силових дій між виробами та елементами обладнання, забезпечення продуктивності, виключення падіння виробів, поділу потоків у заданому співвідношенні, та інше. Це підтверджує актуальність заходів по оптимізації всіх складових ТТС, поліпшенню умов їх роботи, підвищення надійності і терміну експлуатації. За умови використання систем з кількома потоками підвищення пропускної спроможності ТТС можливе при суттєвому зменшенні швидкості транспортування вантажів. Це відноситься до виробництв, які в своїх технологічних системах використовують різні типорозміри вантажів та комбінації з них. У зв'язку з цим актуальним є дослідження динаміки переміщення вантажів у гравітаційних орієнтувальних пристроях, динаміки і кінематики переміщень вантажів у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях та їх моделювання.

При створенні транспортних систем необхідно враховувати архітектурні особливості виробничих площ. При цьому виникає потреба у використанні нестандартних рішень, які стосуються перевантажувальних вібромістків, місць приєднання накопичувальних пристроїв тощо.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота пов'язана з тематикою держбюджетних НДР УДУХТ, затвердженою Мінвузом УРСР 24.02.86 р., пріоритетним напрямком робіт УДУХТ на 1996-2000 рр.. „Розробка наукових основ теплообмінних процесів, обладнання, законів автоматизації та комплексної механізації для харчових та переробних галузей АПК” і відповідає державній науково-технічній програмі „Підвищення надійності і довговічності машин і конструкцій”, програмі

Кабінету Міністрів „Україна-2010” (проект 4 – „Технологічне та технічне оновлення виробництва” від 26. 02. 98 р. № 43-98 р п).

Мета і задачі досліджень. Метою і задачами роботи було вивчення кінематики і динаміки транспортних систем склотари, склотарної продукції та транспортної тари в розділах:

- * кінематика і динаміка пристроїв для перевантаження пляшок з вібраційними перехідними містками та розробка теоретичної бази на створення таких пристроїв;

- * розробка теорії перевантаження виробів в формі паралелепіпеда на містках в горизонтальній і похилій площинах та вивчення особливостей динаміки приводів вібромістків;

- * кінематика і динаміка переміщень вантажів у гравітаційних орієнтувальних пристроях;

- * динаміка і кінематика переміщень вантажів у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях з рухомими та нерухомими бічними напрямними за горизонтальних і похилих опорних площин;

- * на базі досліджень, запланованих у попередніх пунктах, виконати розрахунки для створення транспортно-технологічної системи цеха розливу на ЗАТ „Київський завод шампанських вин „Столичний” та для розробки конструкторської документації і виготовлення відповідного обладнання.

Об’єкт досліджень – процеси переміщення вантажів.

Предмет досліджень – масиви та окремі скляні вироби циліндричної форми, масиви та окремі вироби у вигляді коробок, ящиків різноманітної форми у взаємодії з елементами транспортної системи.

Методи досліджень. Дослідження здійснювалися на основі математичних моделей динаміки переміщення вантажів з урахуванням прийнятих в механіці гіпотез і припущень з їх експериментальною перевіркою.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті проведених теоретичних досліджень та експериментальних досліджень отримано наступне:

- розрахункову модель, що дає можливість знайти параметри системи транспортування склотарної продукції, та математичну модель переміщень вантажів по вібромістках;

- математичні моделі, що є науковим підґрунтям по інтенсифікації процесів у фрикційно-інерційних та гравітаційно-орієнтувальних пристроях за умов нерухомих та рухомих бічних напрямних, об’єднання вібраційних коливань опорної площини і бічної напрямної, та комбінацій з них;

- аналіз нелінійних диференціальних рівнянь процесів переміщення вантажів з прогнозом перспективності і визначення параметрів запропонованих способів цих переміщень на базі обчислювальних багатofакторних експериментів;

- напрацьована теоретична база для створення перевантажувальних пристроїв, в яких використовуються вібраційні містки. Розроблено теоретичне підґрунтя для опису переміщення вантажів по похилих площинах під дією сил тяжіння в межах кута тертя за умов відсутності та наявності

бічних напрямних у пристроях з горизонтальними та похилими вібромістками;

- визначені кількісні співвідношення між геометричними, кінематичними та динамічними параметрами процесів в гравітаційних орієнтувальних пристроях;

- одержано моделі динаміки та кінематики переміщень вантажів у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях з рухомими та нерухомими бічними напрямними і по похилих опорних площинах.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Запропоновано нове конструктивне вирішення перевантажувального пристрою з гарантованим автоматичним розвантаженням, в якому використовується вібраційний місток з можливістю переміщення вантажів по похилих (в межах кута тертя) площинах під дією складової сил тяжіння;

2. Розроблено пристрій для точного поділу вхідного потоку виробів на два рівних, що оптимізує роботу подальшої частини ТТС;

3. Розроблено методику розрахунку приводу вібромістка з вібратором направленої дії;

4. Вирішено оптимізаційну задачу, пов'язану з мінімізацією натягів ланцюгів в конвеєрах та накопичувачах в частині, що стосується впливу геометричних параметрів;

5. Отримані на базі теоретичних та експериментальних досліджень розрахункові моделі використані в розрахунках при створенні ТТС цеху розливу на ЗАТ "Київський завод шампанських вин "Столичний" та для розробки конструкторської документації і виготовлення необхідного обладнання;

6. Одержано патент України на винахід № (11) 22684А кл. 6В65В 5.10. на "Пристрій для розподілу потоків виробів" з метою точного поділу потоків виробів на два для підведення однакових потоків до інспекційних автоматів, деклараційний патент України на винахід № 30665А кл. 6В65В5/10 на «Пристрій для переформування масивів з виробів циліндричної форми в один ряд», деклараційний патент України № 36150А кл. 7В65G25/04 «Пристрій для перевантаження виробів з одного конвеєра на інший», патент України № 31363 кл. 7С12G1/06 «Лінія для виробництва ігристого вина в безперервному потоці».

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі теоретичних положень, досвіду промислової експлуатації транспортно-технологічних систем, постановці задач досліджень, одержанні аналітичних залежностей, плануванні, постановці та проведенні експериментів, обробці результатів досліджень і на їх основі – висновків і пропозицій.

На стадії впровадження дисертант приймав безпосередню участь у проектуванні транспортно-технологічної системи для цеху розливу на ЗАТ „Київський завод шампанських вин „Столичний”, в розробці конструкторської документації, в авторському нагляді при виготовленні складових ТТС за розробленою технічною документацією та при випробовуванні промислових зразків обладнання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи викладені і обговорені на 6-й міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості”, (м. Київ, 1999 р.), 61-й науковій конференції УДУХТ (м. Київ, 1995 р.), на технічних радах Київського заводу шампанських вин (м. Київ, 1994-1999 рр.), 72-й науковій конференції НУХТ (м. Київ, 2006 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 20 друкованих праць, з них 3 довідника, 1 брошура, 4 статті у фахових журналах, 4 статті у нефахових профільних журналах, одержано 4 патенти України, опубліковано 4 тези на науково-технічних конференціях.

Структура дисертації та об’єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота викладена на 126 сторінках машинописного тексту, містить 61 рисунок, 8 таблиць та 2 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** показані вимоги, яким повинно відповідати сучасне обладнання транспортно-технологічних систем, машини і агрегати для переробної промисловості; сучасний стан виробництва такого обладнання на вітчизняних машинобудівних підприємствах. Обґрунтована доцільність в накопиченні теоретичної бази для створення обладнання ТТС, узагальнення досвіду їх роботи.

У **першому розділі** представлено аналіз літературних джерел по темі дисертаційної роботи. Лінія фасування продукції розглядається як єдина транспортно-технологічна система, в якій важливе значення має узагальнення досвіду експлуатації таких систем з точки зору визначення параметрів. Сукупність одиниць технологічного обладнання і елементів транспортної системи помітно змінюється на користь останніх за рахунок включення до них накопичувальних пристроїв. При цьому динаміка таких змін пов’язана з номінальною продуктивністю ліній фасування продукції. Зростання продуктивності супроводжується нарощуванням місткості накопичувачів і в лініях фасування від 12000 виробів за годину вони стають їх невід’ємною частиною, завданням якої є досягнення номінального рівня пропускної здатності транспортно-технологічної системи.

Позитивна роль накопичувальних пристроїв полягає в обмеженні взаємних впливів зупинок технологічного обладнання і з цієї точки зору слід збільшувати показники їх місткості. Однак останнє приводить одночасно до зростання капітальних і експлуатаційних витрат, що означає наявність певного співвідношення між кількістю технологічного і транспортного обладнання, яке можливо вважати оптимальним. При цьому суттєво зростає роль надійних подільників потоків, перехідних містків, пристроїв для ліквідації заторів тощо.

Обговорюються перспективи використання перехідних містків. Проведено критичний огляд конструктивних вирішень задач поділу потоків в заданому співвідношенні; оцінена можливість механізації робіт по формуванню та розформуванню пакет-піддонів. Проведено аналіз літературних джерел з точки зору оцінки динаміки перехідних процесів і режимів усталеного руху в розглянутих процесах. Проведений аналіз дозволив сформулювати такі висновки:

- відсутні дані для виконання розрахунків, якими можна було б встановити взаємозв'язки між місткістю та кінематичними параметрами елементів ТТС;
- актуальними є завдання створення перевантажувальних пристроїв в лініях ТТС, використання яких дозволяє забезпечувати перехід виробів за відсутності їх на подавальному конвеєрі і автоматичне саморозвантаження перехідних містків;
- рівень моделювання перехідних процесів в ТТС дозволяє одержати задовільну точність у відтворенні реальних процесів, однак у зв'язку з нелінійністю одержаних диференціальних рівнянь руху, не вдається досягти їх розв'язання в загальному вигляді і суттєвого аналізу та оцінки впливів різних факторів. Тут доцільно виконати аналіз на базі обчислювальних експериментів з використанням теорії їх планування;
- недостатньою є база опису процесів у гравітаційних орієнтувальних пристроях, розширення можливостей яких вбачається у використанні рухомих бічних напрямних для ліквідації затворів в транспортній частині ТТС;
- розширення можливостей ТТС лежить на шляху використання регульованих приводів конвеєрів, накопичувальних пристроїв та технологічного обладнання;
- систему автоматичного контролю і керування пропускною спроможністю ділянок ТТС доцільно застосовувати з використанням перетворювачів частоти промислового струму і асинхронних двигунів у складі приводів машин.

Виконаний аналіз літературних джерел та узагальнення досвіду експлуатації транспортно-технологічних систем виробництва дозволили сформулювати задачі даного дослідження:

- вивчення кінематики і динаміки пристроїв для перевантаження пляшок з вібраційними перехідними містками та розробка теоретичної бази на створення таких пристроїв;
- розробка теорії перевантаження виробів в формі паралелепіпеда на місток в горизонтальній і похилій площинах та вивчення особливостей динаміки приводів вібромістків;
- моделювання кінематики і динаміки переміщень вантажів у гравітаційних орієнтувальних пристроях;
- вивчення динаміки і кінематики переміщень вантажів у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях з рухомими та

нерухомими бічними напрямними за горизонтальних і похилих опорних площин;

- на базі досліджень, запланованих у попередніх пунктах, виконати розрахунки для створення транспортно-технологічної системи цеха розливу на ЗАТ "Київський завод шампанських вин „Столичний” та для розробки конструкторської документації і виготовлення відповідного обладнання.

В **другому розділі** розглядаються методики проведення досліджень, наведено загальні положення та результати експериментальної перевірки математичних моделей.

Виконання теоретичних досліджень по дисертаційній роботі здійснювалось з використанням загальноновживаних в динаміці машин припущень.

До їх числа віднесемо наступне:

- вважається, що маси ланок зібрані в центрах їх мас;
- ланки вважаються абсолютно жорсткими;
- масами пружних зв'язків нехтуємо;
- вважаємо, що деформації пружних зв'язків знаходяться в межах закону Гука;
- результуючу сил тертя визначаємо прямо пропорційною величиною результуючої сил нормального тиску;
- вважаємо, що коефіцієнти тертя в кінематичних парах не залежать від швидкості відносного руху;
- у якості підґрунтя для фізичних і математичних моделей використано поняття приведених мас (моментів інерції), сил (моментів сил) та жорсткостей.

В теоретичних розділах дисертаційної роботи вивчаються процеси перевантаження виробів у взаємодії з нерухомими і рухомими опорними площинами та бічними напрямними. У більшості випадків подібна взаємодія моделюється лінійними або нелінійними диференціальними рівняннями руху другого порядку. Перехідні процеси при цьому моделюються саме нелінійними рівняннями, розв'язання яких у явному вигляді не досягається. У зв'язку з цим аналіз подібних систем здійснюється з використанням числових методів на основі теорії екстремального планування обчислювальних експериментів. Кінцевим результатом такого підходу є одержання рівнянь регресії з вказівкою рівнів впливів окремих факторів на функцію відгуку.

В **третьому розділі** досліджувалась динаміка переміщення вантажів у пристроях транспортно-технологічних систем.

Висока пропускна спроможність транспортно-технологічних систем передбачає дві можливості для її досягнення. За умови використання однопотокових систем – це швидкість транспортування вантажів або виробів, яка нерідко досягає критичних значень. Для систем з кількома потоками швидкість можливо суттєво зменшувати, однак виникають інші задачі, пов'язані з необхідністю перебудови потоків і одержання детермінованих масивів певної структури.

Сказане відноситься до виробництв, які в своїх технологічних схемах використовують різні типорозміри вантажів і комбінації з них. Сюди можливо віднести, наприклад, склотару, масиви склотари, ящики, масиви ящиків, піддони, пакет-піддони і ін. Звичайно в полі зору дослідників є співставлення кінематичних, геометричних і динамічних параметрів транспортно-технологічних систем та пошуки можливостей впливу з метою досягнення поставлених завдань по продуктивності, економічному результату та ін. Дослідження, при цьому, здійснюються з використанням сучасного арсеналу теоретичних положень і наробок по плануванню експериментів, однак виробничі умови можуть мати стільки особливостей, що використання одержаних моделей стає ускладненим, а інколи і неможливим. Варто підкреслити, що поза межами серйозної уваги залишаються гравітаційні орієнтувальні пристрої, гравітаційні і фрикційно-інерційні орієнтувальні пристрої з рухомими бічними напрямними та комбінації з них.

У зв'язку з викладеним в розділі 3 ставляться завдання:

- дослідити динаміку переміщення вантажів у гравітаційних орієнтувальних пристроях;
- одержати співвідношення по динаміці і кінематиці переміщень вантажів у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях;
- уточнити наробки по динаміці переміщень в орієнтувальних пристроях шляхом розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь руху і аналізу одержаних розв'язань.

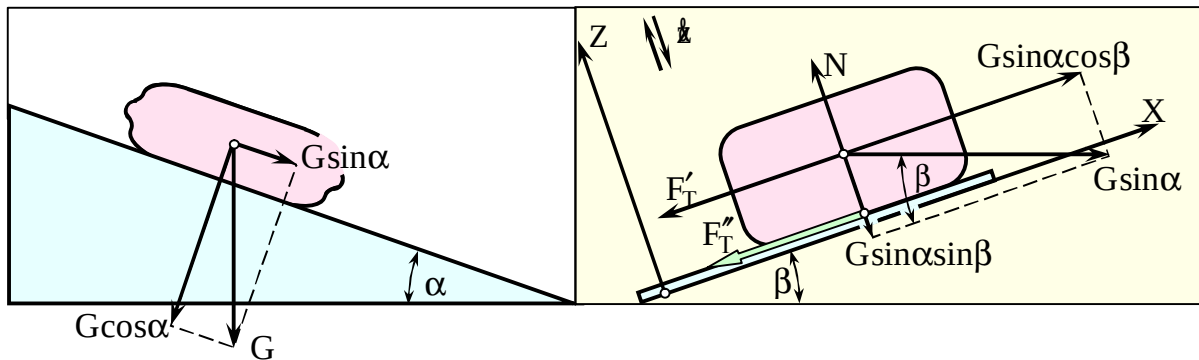


Рис. 1. Розрахункова схема гравітаційного орієнтувального пристрою

жаних розв'язань.

У відповідності з відміченим у третьому розділі досліджувались динаміка переміщень вантажів у гравітаційних орієнтувальних пристроях, у фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях, уточнено наробки по динаміці переміщень в орієнтувальних пристроях шляхом розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь руху і аналізу одержаних розв'язань. На рис. 1 зображено гравітаційний пристрій, до складу якого входить бічна напрямна, встановлена під кутом β до лінії розташування ТТС (тут G – вага тіла).

Умова руху тіла вдовж напрямної записується у вигляді:

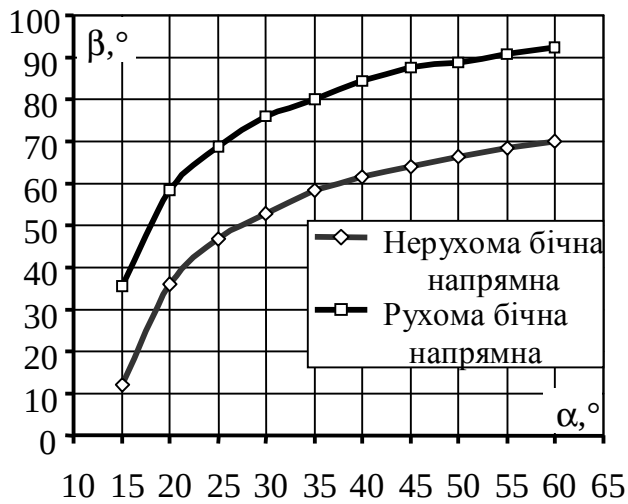


Рис. 2. Графіки залежності між кутами α і β у гравітаційних орієнтувальних пристроях за умов: $f = 0,25$; $f_6 = 0,2$

рямна має сталу швидкість $\dot{x}_6$ за умови, коли $\dot{x}_6 > \dot{x}$ рівняння руху матиме вигляд:

$$\ddot{x} = g \sin \alpha \cos \beta + f_6 g \sin \alpha \cos \beta - f g \cos \alpha. \quad (3)$$

Одержані аналітичні залежності дозволяють зробити розрахунки для одержання числових взаємозв'язків між геометричними і кінематичними параметрами пристроїв. Так для випадку зі сталою швидкістю бічної напрямної маємо графічні залежності по рис. 2, на якому наведено залежність між кутами α і β в гравітаційних пристроях, за яких буде можливим переміщення вантажів. Як бачимо із залежностей для рухомої бічної напрямної кут β можуть бути збільшені навіть за межі 90° . Кожному значенню β_i відповідає певне значення α_i і вибір кута α повинен здійснюватись із врахуванням умови $\alpha \geq \alpha_i$.

$$G \sin \alpha \cos \beta > F_T' + F_T'', \quad (1)$$

де F_T' , F_T'' – сили тертя між вантажем і опорною площиною та між вантажем і бічною напрямною відповідно. Рівняння руху відносно осі OX записується у вигляді

$$\ddot{x} = g \sin \alpha \cos \beta - g(f \cos \alpha + f_6 \sin \alpha \sin \beta) \quad (2)$$

Оскільки рушійна сила і сили опору є величинами сталими, рух вантажу вздовж напрямної буде відбуватись зі сталим прискоренням. Рівняння (1) буде справедливим лише за позитивної правої його частини. Розглянуто випадки виконання бічної напрямної рухомою. У випадку, коли бічна напрямна

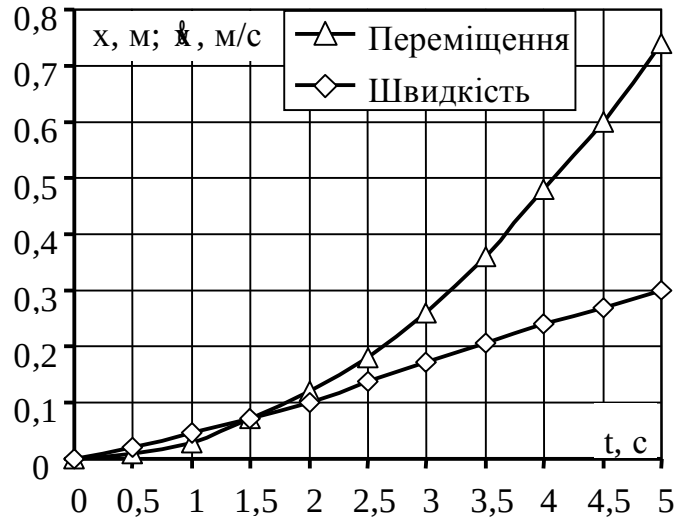


Рис. 3. Залежності по визначенню переміщення та швидкості у гравітаційних орієнтувальних пристроях за умов $\alpha = 20^\circ$; $\beta = 35^\circ$; $f = 0,25$; $f_6 = 0,2$ і нерухомої бічної напрямної

Розрахунки з використанням умов

$$\ddot{x} = (g \sin \alpha \cos \beta - g(f \cos \alpha + f_6 \sin \alpha \sin \beta))t + C_1; \quad (4)$$

$$\dot{x} = (\sin \alpha \cos \beta + f_6 \sin \alpha \sin \beta - f \cos \alpha)gt + C_3. \quad (5)$$

$$x = (\sin \alpha \cos \beta + f_6 \sin \alpha \sin \beta - f \cos \alpha) \frac{gt^2}{2} + C_3t + C_4 \quad (6)$$

здійснено за значень $\alpha = 20^\circ$; $\beta = 35^\circ$; $f = 0,25$; $f_6 = 0,2$ для випадків нерухомої і рухомої бічних напрямних. Їх результати представлено на рис. 3 і 4.

Розширення можливостей по пропускній спроможності пристрою може бути досягнуте за рахунок вібраційного зворотно-поступального руху опорної площини. За умови такого руху у напрямку осі OZ зменшується складова F'_T , а рівняння руху запишеться у вигляді:

$$\ddot{x} = g \sin \alpha \cos \beta - f g \cos \alpha \sin \left(\arctg \frac{\dot{x}}{\ddot{x}} \right) - f_6 g \sin \alpha \sin \beta. \quad (7)$$

На рис. 5 показано розрахункову схему фрикційно-інерційного орієнтувального пристрою. Тут рухома площа має швидкість V_K .

Для випадку горизонтальної опорної рухомої і нерухомої бічної напрямної рівняння руху тіла на етапі перехідного процесу має вигляд

$$\ddot{x} = fg \sin \left(\beta - \arctg \frac{V_K - \dot{x} \sin \phi}{\dot{x} \cos \beta} \right) - f_6 fg \cos \left(\beta - \arctg \frac{V_K - \dot{x} \sin \beta}{\dot{x} \cos \beta} \right). \quad (8)$$

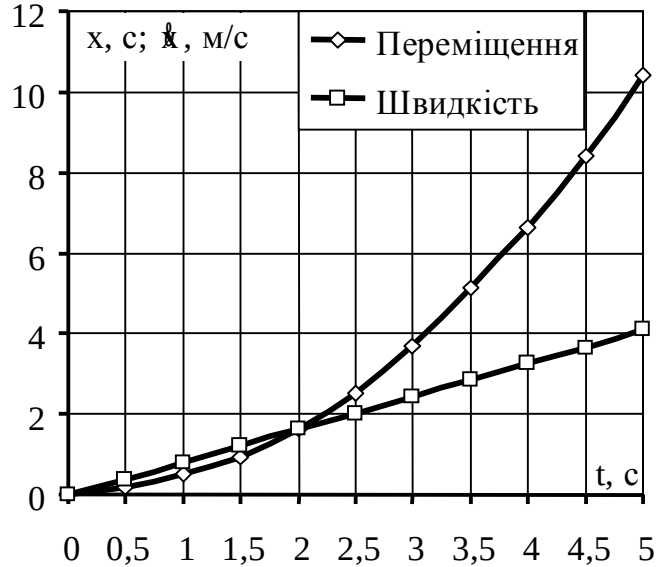


Рис. 4. Залежності по визначенню переміщення та швидкості у гравітаційних орієнтувальних пристроях за умов $\alpha = 20^\circ$; $\beta = 35^\circ$; $f = 0,25$; $f_6 = 0,2$ і рухомої бічної напрямної

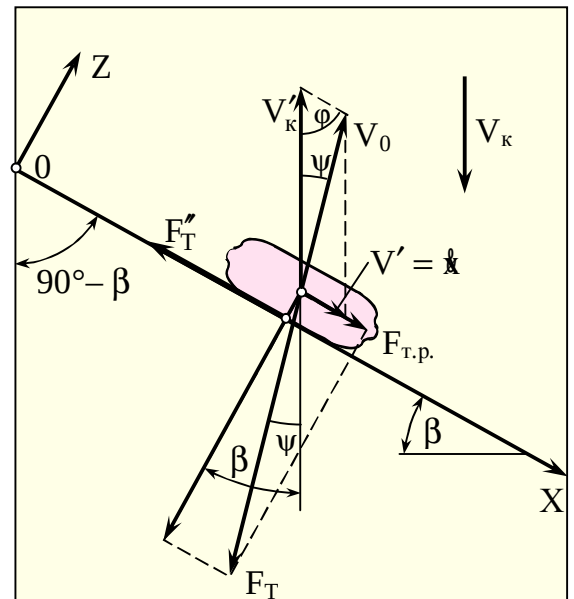


Рис. 5. Розрахункова схема до фрикційно-інерційного орієнтувального пристрою

Схема до випадку горизонтальної опорної рухомої площини і рухомої бічної опори показана на рис. 6.

З рисунку видно, що за умови $k_6 > k$ сила опору у переміщенні тіла в напрямку ОХ зникає, оскільки сила тертя з бічною опорою перетворюється на рушійну силу.

Рівняння руху для цього випадку записується у вигляді:

$$m\ddot{x} = F_T \sin \left(\beta - \arccotg \frac{V_k - k \sin \beta}{k \cos \beta} \right) + f_6 F_T \cos \left(\beta - \arccotg \frac{V_k - k \sin \beta}{k \cos \beta} \right) \quad (9)$$

Для цього випадку рух тіла вздовж бічної напрямної можливий і тоді, коли $\tan \beta > f_6$.

Коли $\beta = 0$, результуюча сил тертя з опорною площиною перетворюється на силу опору, а рівняння руху записується у вигляді:

$$m\ddot{x} = f_6 F_T \cos \psi - F \sin \psi. \quad (10)$$

За умови, $k_6 = k$ числове значення k залежить від коефіцієнта тертя і швидкості руху опорної площини, а збільшення величини k_6 практичного значення не має.

Розглянуто випадок горизонтальної рухомої опорної площини і рухомої бічної опори при зміні напрямку положення останньої.

В четвертому розділі розглядаються транспортні системи як сукупність конвеєрів, накопичувальних і перевантажувальних пристроїв, формувачів і розформувачів масивів склотари і виробів, пристроїв для переформування масивів, одержання детермінованих масивів і потоків і технологічного обладнання. У зв'язку з цим в розділі поставлені задачі вивчення кінематики транспортування склопосуду і виробів ланцюговими

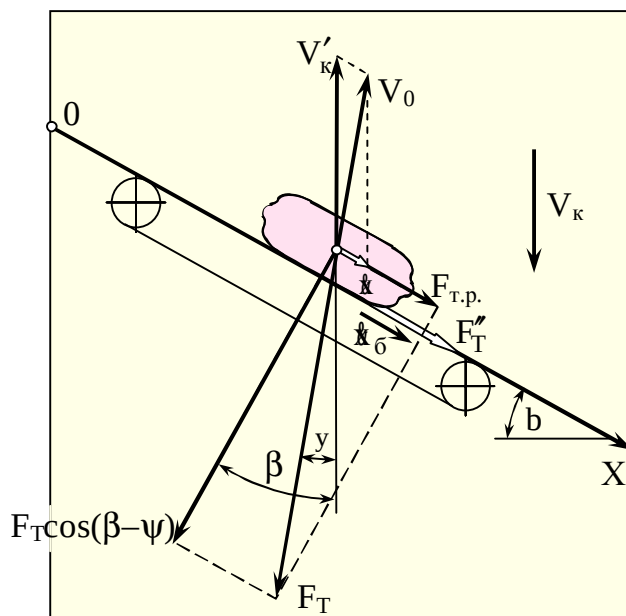


Рис. 6. Розрахункова схема до пристрою з рухомою напрямною

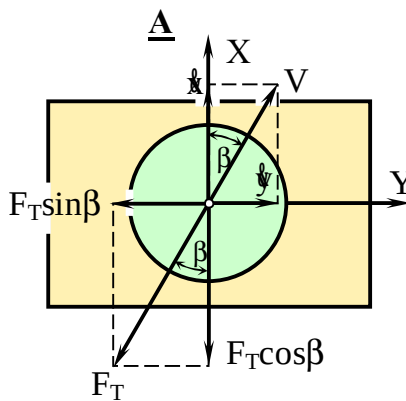
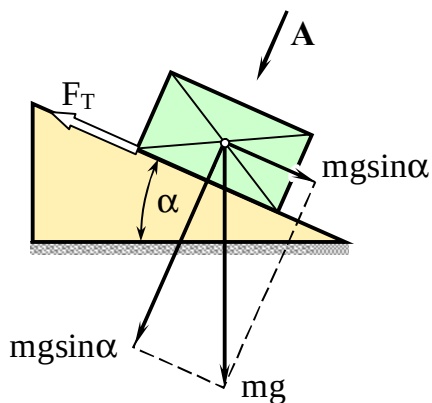


Рис. 7. Розрахункова схема

конвеєрами, процесів перевантаження виробів у транспортних системах, динаміки приводів перевантажувальних пристроїв.

Процес транспортування продукції в ТТС відбувається за рахунок сил тертя між виробами і опорною рухомою площиною конвеєра. Оскільки швидкість ланцюгів конвеєрів не є сталою, то у випадку, коли прискорення їх перевищує величину добутку коефіцієнта тертя f (в парі між виробом і ланцюгом) на прискорення вільного падіння g , то виникає відносне ковзання і додаткове тертя у вказаній парі.

Транспортна система склотарної продукції складається з конвеєрів та накопичувальних пристроїв, які з'єднуються між собою перехідними містками.

Запропоновано для гарантованого розвантаження використовувати вібромістки та створити теоретичну базу для здійснення конструкторських розробок.

Для тіла, що знаходиться на нерухомому похилому містку (рис. 7) справедливою є умова рівноваги:

$$mg \sin \alpha < F_T = fmg \cos \alpha. \quad (11)$$

Якщо місток одержав зворотно-поступальний рух зі сталим модулем швидкості по осі OX , то можливим буде рух тіла у напрямку осі OY зі сталою швидкістю

$$y = ktg \left(\arcsin \left(\frac{tg \alpha}{f} \right) \right). \quad (12)$$

Вираз (12) дає можливість визначити, що швидкість сходу тіла з похилої площини пропорційна швидкості руху містка і залежить від таких показників як α і f .

При використанні бічних напрямних під дією складової $F_T \cos \alpha$ на напрямній виникає реакція N і сила тертя F'_T . З урахуванням взаємодії з бічною напрямною для вибраного закону руху містка $x = x(t)$ рівняння руху виробів матиме вигляд

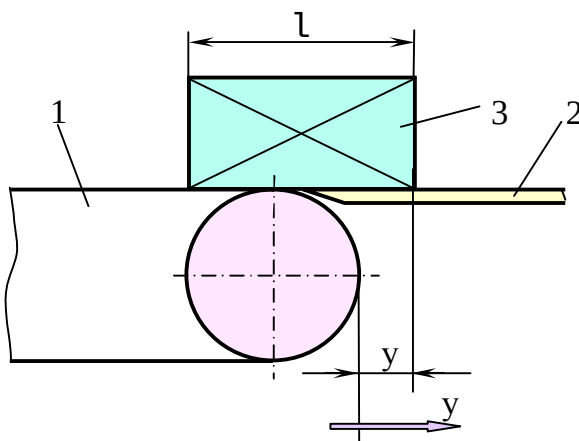


Рис. 8. Розрахункова схема перевантажувального пристрою

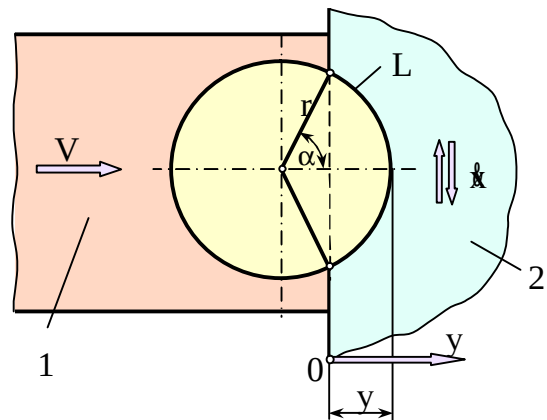


Рис. 9. Розрахункова схема до перевантаження виробів циліндричної форми

$$\ddot{y} = g \sin \alpha - f g \sin \left(\arctg \frac{y}{x(t)} \right) - f_0 f \cos \left(\arctg \frac{y}{x(t)} \right), \quad (13)$$

де f_0 – коефіцієнт тертя виробу з бічною напрямною.

Аналіз останнього виразу приводить до висновку, що переміщення вантажів буде мати місце навіть за умови, що кут α є меншим за кут тертя.

Розглянуто перевантажувальний пристрій (рис. 8.), у складі якого є конвеєр 1, вібромісток 2, тіло, що перевантажується 3. При цьому переміщення містка 2 відбувається в горизонтальній площині перпендикулярно до осі ОУ.

Перехід на вібромісток характеризується двома етапами. На першому вибір рухається зі швидкістю V_k опорної площини конвеєра, оскільки $P_{руш} > P_{оп}$. Завершенню першого етапу відповідає умова

$$f_0 \left(\frac{1 - y_{(k)}}{l} \right) - f \left(\frac{y_{(k)}}{l} \right) \sin \left(\arctg \frac{y}{x(t)} \right) = 0, \quad (14)$$

де y та $y_{(k)}$ – координата переміщення та кінцева координата, що відповідає завершенню першого етапу; l – розмір тіла; f_0 і f – відповідно коефіцієнти тертя тіла з опорною поверхнею конвеєра і містка.

Другий етап руху продовжується до моменту сходження вантажу з опорної площини конвеєра.

При перевантаженні в похилій площині необхідно враховувати додаткову складову $mg \sin \alpha$ рушійної сили.

Проведено аналіз руху вібромістка за різними законами руху, а саме: рівномірного, рівноприскореного та рівносповільненого, синусоїдального та косинусоїдального законів руху. До недоліків синусоїдального закону руху необхідно віднести ту обставину, що при збіганні фаз з законами рівноприскореного та рівносповільненого руху величина максимальних прискорень перевищує цей показник для останнього випадку у 1,57, а для косинусоїдального – у 1,23 рази.

Розрахункова схема перевантаження склотари на вібромісток показана на рис. 9. Особливістю перевантаження склотари циліндричної форми є те, що рушійні сили та сили опору в цьому випадку не пропорційні координаті переміщення. Завдяки особливій поверхні дна склопосуду можливо вважати, що контакт з опорною поверхнею містка здійснюється по дузі, довжиною

$$L_y = 2r \arccos \frac{r - y}{r}, \quad (15)$$

де: r – радіус кола лінії контактування.

Для нерухомого містка маємо:

$$\ddot{y} = \left(1 - \frac{L_y}{2\pi r} \right) f_0 g - \frac{L_y}{2\pi r} f g. \quad (16)$$

Для випадку з вібраційним містком рівняння руху записується у вигляді

$$\ddot{y} = \left(1 - \frac{L_y}{2\pi r} \right) f_0 g - \frac{L_y}{2\pi r} f g \cdot \sin \left(\arctg \frac{y}{x} \right). \quad (17)$$

Для похилого вібромістка рівняння руху доповнюється складовою сил тяжіння.

У зв'язку з тим, що розв'язання одержаних рівнянь руху у явному вигляді не досягається і вплив кожного з діючих факторів не визначений, сплановано і виконано обчислювальний експеримент. До числа діючих віднесені такі фактори, як α , f , f_6 – коефіцієнт тертя виробу з бічною напрямною, ω – кутова швидкість кривошипа синусного механізму приводу вібромістка, R – довжина кривошипа синусного механізму. Дослідження виконано для синусоїдального закону зміни швидкості. Одержані результати знаходяться у повній відповідності з суттю фізичних явищ, які мають місце. Збільшення кута нахилу α збільшує рушійну силу, а такі фактори, як частота і радіус, зростаючи, викликають збільшення середньої швидкості руху вібромістка.

В п'ятому розділі представлено опис і розрахунки елементів транспортної системи, в тому числі приводів вібромістків, пристрою для рівномірного поділу потоків виробів, по забезпеченню необхідних натягів ланцюгів в конвеєрах та накопичувачах.

Питання, пов'язані з визначенням натягів ланцюгів, завжди виникають при створенні транспортних систем і є певний набір рекомендацій, якими можна користуватись.

Вказаних рекомендацій і методик розрахунків для визначення величин натягів ланцюга в точках траси конвеєра достатньо для розв'язання питань уточнення місць встановлення натяжних пристроїв, але на погляд автора та обставина, що холоста гілка підтримується роликми, дає підстави розглянути статику ланцюгів більш уважно.

Вважатимемо, що ділянка ланцюга довжиною $2S$ розташована між двома роликми, які встановлені на відстані l_p один від одного (рис. 10). Розглянемо частину ланцюга обмежену точками M і M_0 . Вона знаходиться в стані рівноваги під дією трьох сил:

- натяг T діє по дотичній в точці M і складає з віссю OX кут φ ;
- натяг H в точці M_0 діє по горизонталі;
- вага ланцюга $m_0 g S$, де m_0 – погонна маса ланцюга.

Розклавши натяг T на горизонтальну і вертикальну складові, одержимо умови рівноваги

$$\begin{aligned} T \cos \varphi &= H; \\ T \sin \varphi &= m_0 g S. \end{aligned} \quad (18)$$

Поділимо члени другого рівняння на члени першого і запишемо

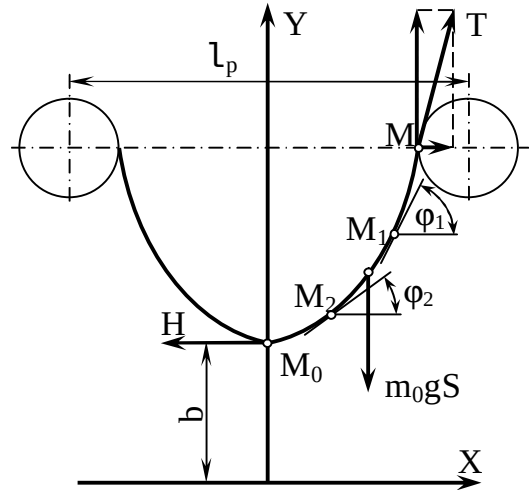


Рис. 10. Розрахункова схема до визначення натягів ланцюгів

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{m_0 g S}{H}. \quad (19)$$

Для знаходження рівняння дуги S нагадаємо, що його можливо знайти у вигляді $y = y(x)$ і тут $y(x)$ невідома функція, яку треба знайти. Так як

$$\operatorname{tg} \varphi = y'(x) = \frac{dy}{dx}, \quad (20)$$

то

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{a} S, \quad (21)$$

Остаточно маємо рівняння ланцюгової лінії

$$y = a \operatorname{Ch} \left(\frac{x}{a} + b - a \right) \quad (22)$$

Перехід від точки M_0 до точки M супроводжується зміною натягу від

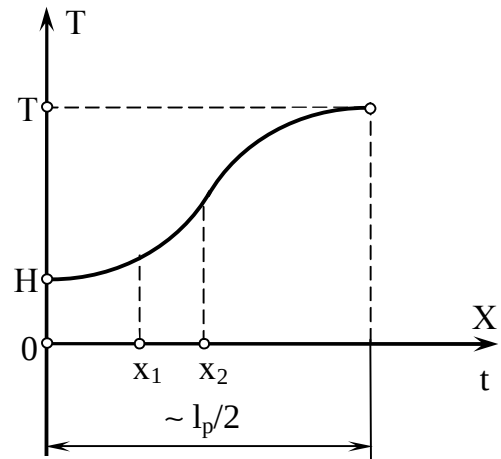
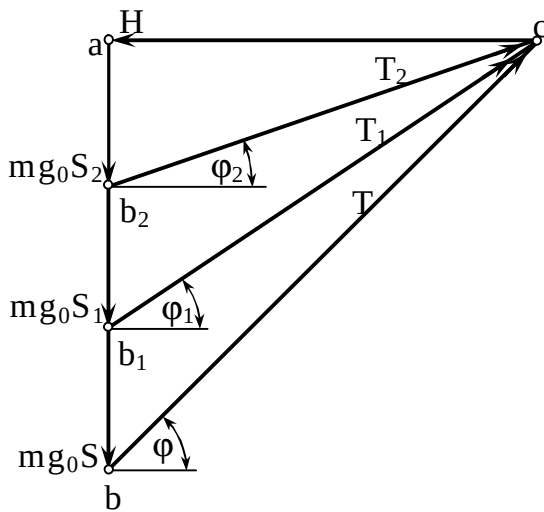


Рис. 11. План сил, що діють на ділянку ланцюга

Рис. 12. Графік зміни натягу ланцюга

величини H до T і еюра натягів може бути визначена. Побудуємо трикутник сил з відомих складових (рис. 11).

Якщо розглядати умову рівноваги по будь-якій довільно взятій дузі M_0 - M_1 , M_0 - M_2 і т.д. (рис. 10), то можна побачити, що в будь-якому випадку значення натягу H має залишатись незмінним. Змінними ж будуть параметри $m_0 g S_1$, $m_0 g S_2$... та відповідні їм T_1 , T_2 Графічною добудовою плану сил (рис. 11) можемо отримати значення натягів T_1 , T_2

З плану сил (рис. 11) витікає, що числові значення натягів найменших H і найбільших T (рис. 12) залежать від таких показників як $m_0 g S$ та величини φ , яка відповідає найбільшому T . При цьому обидва ці показники залежать від довжини ланцюга на цій ділянці. Іншими словами сформулюємо таке положення: збільшенням довжини ланцюга S збільшуємо $m_0 g S$ і одночасно зменшуємо кут φ , а тому задача вибору S виглядає, як оптимізаційна.

В цьому розділі наведено алгоритм рішення і розв'язання такої оптимізаційної задачі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Представлені в дисертаційній роботі результати аналізу літературних джерел, теоретичних і експериментальних досліджень та їх апробація в умовах промислової експлуатації дозволяють сформулювати наступні результати і висновки.

1. Теоретична база по створенню сучасних транспортно-технологічних систем потребує розробок і накопичення статистичних матеріалів по взаємозв'язках між геометричними і кінематичними параметрами, пропускною здатністю тощо. Для ліній фасування з продуктивністю 12000 пляшок за годину місткість накопичувальних пристроїв доцільно визначати на 2-3 хвилини роботи технологічного обладнання. Довжина ділянок конвеєрів і накопичувальних пристроїв за умови використання пластинчастих петлевих ланцюгів повинна обмежуватись величиною 8-10 метрів.

2. Вирішення задачі автоматичного і повного розвантаження перехідних містків в місцях стикування конвеєрів і накопичувальних пристроїв доцільно досягати за рахунок накладання зворотно-поступальних рухів на них. Створена теоретична база для виконання розрахунків процесів перевантажування виробів з конвеєрів на інші конвеєри і накопичувальні пристрої та математичні моделі динаміки приводів вібромістків.

3. Визначені параметри впливу на кінематику переміщення вантажів на вібромістках, складено нелінійні диференціальні рівняння руху вантажів. На цій основі сплановано і виконано обчислювальний експеримент, одержані рівняння регресії.

4. Показана можливість і доцільність використання гравітаційних орієнтувальних пристроїв в транспортно-технологічних системах. Визначені можливості інтенсифікації робочих процесів за рахунок рухомих бічних напрямних. Одержані математичні моделі по встановленню взаємозв'язків між геометричними і кінематичними параметрами. Встановлено, що в гравітаційних орієнтувальних пристроях рух вантажів здійснюється зі сталими прискореннями за умови нерухомості бічних напрямних або за умови рухомості напрямних, швидкість яких є сталою. За напрямних, які рухаються зворотно-поступально, рух вантажів відбувається зі змінним прискоренням. Останнє змінюється ступінчасто в точках, де швидкості вантажів і напрямної співпадають і супроводжуються м'якими ударами. Швидкість руху вантажів в гравітаційних орієнтувальних пристроях може бути збільшена на порядок і більше порівняно з випадками нерухомих бічних напрямних. Зменшення опору переміщенню вантажів вдовж напрямної може досягатись задаванням зворотно-поступального руху останній у напрямку, перпендикулярному переміщенню вантажів. Це забезпечує переміщення навіть тоді, коли кут встановлення бічної напрямної менший за кут тертя. Вібраційні коливання опорних площин в гравітаційних орієнтувальних пристроях зменшують (аж до нуля) опір переміщенню вантажів. Об'єднання в гравітаційно-орієнтувальних пристроях вібраційних коливань опорної площини і бічної напрямної є особ-

ливо корисним в живильниках, де з великої маси виробів відбирається певна частина, яка передається на технологічний потік.

5. Розроблені математичні моделі для горизонтальних орієнтувальних пристроїв з нерухомою і рухомою бічною напрямними, складені і розв'язані диференціальні рівняння руху, одержана можливість суттєвої інтенсифікації робочих процесів.

6. Розроблені методи розрахунків приводів вібромістків, в тому числі і з вібратором направленої дії, створена відповідна конструкторська документація, здійснено виготовлення і промислові випробування пристроїв.

7. Вивчені особливості одержання однорядних потоків виробів з багаторядних недетермінованих потоків. Досягнуті можливості рівномірного поділу потоків (Патент України на винахід № (11) 22684А кл. 6В65В 5/10). Здійснено виготовлення і впровадження пристрою рівномірного поділу потоків.

8. Розроблена математична модель до визначення натягів ланцюгів, сформульована і вирішена оптимізаційна задача, пов'язана з їх мінімізацією.

9. На основі теоретичних розробок і їх апробації розроблена конструкторська документація, здійснене виготовлення і впровадження під час реконструкції цеху розливу Київського заводу шампанських вин, а саме: накопичувального пристрою ЦАИГ.10Н-1.12.00.000; подільника потоків виробів ЦАИГ.Д-12.00.000; накопичувального пристрою ЦАИГ.10Н-2.12.00.000; накопичувального пристрою ЦАИГ.10Н-3.12.00.000; вібромістка ЦАИГ.ВРМ-12.00.000; приводу рухомої напрямної для конвеєра ЦАИГ.Н-12.00.000.

10. Впровадження і промислові випробування підтвердили правильність теоретичних розробок і посилок і показали правомірність застосування одержаних моделей як бази для удосконалення і створення обладнання транспортно-технологічних систем. Економічний ефект по результатах впровадження склав 231511 грн.

СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л., Васильковский К.В., Шевченко А.Е., Поддубный В.А., Добровольская Н.Г., Максименко И.Ф., Лензион В.И. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 1. Механика. К.: АртЭк, 2001. – 304 с. – написав розділ 4.8.

2. Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л., Васильковский К.В., Шевченко А.Е., Поддубный В.А., Лензион В.И., Максименко И.Ф., Добровольская Н.Г. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 2. Теплофизические процессы. К.: АртЭк, 2003. – 432 с. – написав розділи 4.1-4.10.

3. Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л., Васильковский К.В., Шевченко А.Е., Блаженко С.И., Поддубный В.А., Лензион В.И., Варфоломеев А.И., Максименко И.Ф., Добровольская Н.Г. Справочник механика пищевой промышленности. К.: АртЭк, 2004. – 304 с. – написав розділ 6.

4. А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, О.І. Степанець, В.Й. Лензіон. Розрахунки перевантажувальних пристроїв ліній фасування. Київ.: Український державний університет харчових технологій, – 1998. – 20 с. – розробив

аналітичну частину розрахунків.

5. В.Й. Лензійон, В.Л. Яровий. Динаміка переміщення вантажів в пристроях транспортно-технологічних систем. Київ.: Національний університет харчових технологій, – 2004. – 32 с. – написав аналітичну частини.

6. Васильківський К.В., Лензійон В.Й. Drinktec Interbau. – 2001 (думки професіоналів) // Упаковка, Київ, – 2001. № 6. – С. 62- 64 – зробив аналітичне узагальнення.

7. В.Г. Резник, А.И. Соколенко, В.И. Лензион, О.В. Иваненко. Выбор параметров устройств беззаторного расформирования массивов бутылок // Пищевая промышленность. – 1995. Вып. 40. – С. 11-13 – розробив теоретичну базу пристрою.

8. В.Й. Лензійон, О.П. Мацко, А.І. Соколенко, К.В. Васильківський. Конструкції і розрахунки вібромістків транспортних систем склотарної продукції. // Сад, виноград і вино України. 1999. № 5-6. – С 47 – обґрунтував можливість розвантаження перехідних містків.

9. В.Й. Лензійон, А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, І.Ф. Максименко. Розрахунки до визначення натягів ланцюгів. // Харчова промисловість, 2001. № 1. – С. 13-15 – розробив теоретичну частину.

10. А.И. Соколенко, В.И. Лензион, В.Г. Резник, К.В. Васильковский. Компонировка линий фасования напитков. // Мир упаковки. 2005. № 41. – С. 26-28 – показав правила компоновки ліній.

11. Лензійон В.Й., Степанець О.І. Дослідження динаміки приводу завантажувального пристрою пастеризатора. // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій, № 4, частина 2. – Київ, 1998 – склав аналітичну модель.

12. Патент України на винахід № (11) 22684А кл. 6В65В 5/10. Пристрій для розподілу потоків виробів. (Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Васильківський К.В., Лензійон В.Й., Степанець О.І., Костін В.Б.) – розробив конструкторське оформлення пристрою.

13. Деклараційний патент України на винахід № 30665А кл. 6В65В 5/10. Пристрій для переформування масивів з виробів циліндричної форми в один ряд. (Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Васильківський К.В., Лензійон В.Й.) – сформулював ідею побудови пристрою.

14. Деклараційний патент України на винахід № 36150А кл. 7В65О 25/04. Пристрій для переваантаження виробів з одного конвеєра на інший. (Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Васильківський К.В., Лензійон В.Й.) – сформулював теоретичну базу пристрою.

15. Патент України на винахід № 31363 кл. 7С12О 1/06. Лінія для виробництва ігристого вина в безперервному потоці. (Мацко О.П., Ковальов М.М., Пілютін А.О., Лензійон В.Й.) – сформулював принципову можливість безперервного перетворення виноматеріалів в потоці.

16. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 7323 від 24.03.2003. В.Й. Лензійон. Оптимізація і синтез транспортного обладнання харчових виробництв.

17. Шевченко О.Ю., Лензійон В.Й., Соколенко А.І. Динаміка перехідних

процесів в приводах машин. // Тези доповіді 61-ї наукової конференції. – Київ, Український державний університет харчових технологій, – 1995 – обґрунтував необхідність аналізу перехідних процесів.

18. Валиулин Г.Р., Ярьсько В.П., Лензион В.И. Универсальное устройство для укладки бутылок в контейнеры. // Тезисы доклада Республиканской научно-технической конференции "Дальнейшее повышение уровня механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ в отраслях пищевой промышленности" г. Ворошиловград. 1987 г. Вып. 1 – розробив вузол багат шарового вкладання виробів.

19. Шевченко А.Е., Михлин М.Б., Лензион В.И. Динамика наклонных устройств для расформирования массивов бутылок. // Тези доповіді республіканської науково-технічної конференції "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК". – Київ, 1991, с.426 – встановив взаємозв'язки між кінематичними параметрами.

20. Соколенко А.И., Костюк В.С, Шевченко А.Е., Валиулин Г.Р. Лензион В.И. Социальный и экономический эффект от внедрения средств механизации ПРТС работ в линиях разлива. // Тези доповіді Республіканської науково-технічної конференції "Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома СССР и качество выпускаемой продукции". – Кіровоград. 1989. вип. 1 – С. 54-55 – показав структуру затрат, пов'язану з вибором параметрів ліній розливу.

АНОТАЦІЯ

Лензион В.Й. Оптимізація і синтез транспортного обладнання харчових виробництв – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв – Національний університет харчових технологій, Київ, 2006.

Дисертація містить теоретичні дослідження в області створення обладнання транспортно-технологічних систем склотарних виробів і результати виконаних експериментальних досліджень. Розроблено методики розрахунку транспортних систем з оптимізацією останніх по обмеженню силових дій, перехідних вібромістків, гравітаційних та інерційно-фрикційних орієнтувальних пристроїв, визначено можливості інтенсифікації робочих процесів.

Здійснено промислове втілення технічних рішень.

Показана можливість створення вібраційних перехідних містків, на яких відбувається повне розвантаження за умов, що кут встановлення їх до лінії горизонту лежить в межах кута тертя, одержано математичні моделі щодо кінематики вантажів різної геометричної форми. Одержано розв'язання оптимізаційної задачі стосовно швидкодії в гравітаційних та фрикційно-інерційних орієнтувальних пристроях, задача, пов'язана з мінімізацією натягів

ланцюгів конвеєрів та накопичувальних пристроїв, запропоновано нові конструкції подільників потоків тощо.

Ключові слова: динаміка, орієнтація, навантаження, параметри, пристрій, прискорення, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Лензион В.И. Оптимизация и синтез транспортного оборудования пищевых производств. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2006.

Диссертация содержит теоретические исследования в области создания оборудования транспортно-технологических систем стеклотарных изделий и результаты выполненных экспериментальных исследований. Разработаны методики расчета транспортных систем с их оптимизацией по ограничению силовых воздействий, переходных вибромостиков, гравитационных и инерционно-фрикционных ориентирующих устройств, определены возможности интенсификации рабочих процессов.

Цель работы – на базе исследований кинематики и динамики транспортных систем стеклотары и стеклотарной продукции, динамики перемещения грузов в устройствах транспортно-технологических систем развить теоретическую базу и выполнить расчеты и разработать конструкторскую документацию и изготовить необходимое оборудование для создания и оснащения нового цеха розлива Киевского завода шампанских вин.

Во вступлении показаны требования, которым должно соответствовать современное оборудование транспортно-технологических систем, машины и агрегаты перерабатывающей промышленности, современное состояние производства такого оборудования на отечественных машиностроительных предприятиях. Обоснована целесообразность накопления теоретической базы для создания оборудования транспортно-технологических систем, обобщения опыта их работы.

В первом разделе представлен анализ литературных источников по теме диссертационной работы. Линия расфасовки продукции рассматривается как единая транспортно-технологическая система. Проведен критический обзор конструктивных решений переходных мостиков, задач разделения потоков в заданном соотношении, оценена возможность механизации работ по формированию и расформированию пакет-поддонов. Проведен анализ литературных источников для оценки динамики переходных процессов и режимов установившегося движения в рассмотренных процессах.

Во втором разделе изложены методика выполнения исследований и результаты экспериментальной проверки аналитических моделей.

В третьем разделе исследовалась динамика перемещений грузов в гравитационных ориентирующих устройствах, фрикционно-инерционных ориенти-

рующих устройствах, уточнены наработки по динамике перемещений в ориентирующих устройствах путем решения нелинейных дифференциальных уравнений движения и анализа полученных решений. Показана возможность расширения диапазона кинематических параметров за счет использования в гравитационно-ориентирующих устройствах движущихся боковых направляющих. Определены границы углов установки боковых направляющих в зависимости от углов установки опорных плоскостей.

Осуществлено решение нелинейных дифференциальных уравнений и проведен анализ полученных решений, что позволяет прогнозировать перспективность использования предложенных способов интенсификации процессов в устройствах такого назначения.

В четвертом разделе рассмотрены транспортные системы как совокупность конвейеров, накопительных и перегрузочных устройств и расформирователей массивов стеклотары и изделий, устройств для переформирования массивов и потоков технологического оборудования. Изучены вопросы кинематики транспортирования стеклопосуды и изделий цепными конвейерами, процессов перегрузки изделий в транспортных системах, динамики приводов перегрузочных устройств. Создана теоретическая база для выполнения расчетов процессов перегрузки изделий из конвейеров на другие конвейеры и накопительные устройства.

Пятый раздел посвящен описанию и расчетам элементов транспортной системы. Разработаны методы расчетов приводов вибромостиков, в том числе и с вибратором направленного действия. Изучены особенности получения однорядных потоков изделий из многорядных. Найдено конструктивное решение получения потока бутылок с поочередным смещением изделий относительно оси первичного потока, что позволяет обеспечить деление однорядного потока изделий на два одинаковых потока. Сформулирована и решена оптимизационная задача, связанная с минимизацией натяжений цепей в конвейерах и накопителях в части, что касается влияния выбора геометрических параметров.

На основе теоретических разработок и их апробации разработана конструкторская документация, изготовлено оборудование. Осуществлено промышленное воплощение технических решений.

Ключевые слова: динамика, ориентация, нагрузки, параметры, устройство, ускорение, оптимизация.

SUMMARY

Lension V.I. Optimization and synthesis of the transport equipment – Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.18.12. – processes and equipment of a food, microbiological and pharmaceutical productions. – National university of food technologies of Department of education and science of Ukraine, Kiev, 2006.

The thesis contains theoretical researches in the field of creation of equipment of transport technological systems of glassware items and outcomes of the executed

experimental researches. The techniques of account of transport systems with optimization last on restriction of force effects, transitional vibrating bridges, gravitational and inertia of frictional rough devices are developed, the possibilities intensity of working processes are determined.

The industrial embodiment of engineering solutions is carried out.

Shown possibility of creation of vibration transitional bridges, on which the complete unloading is on conditions that the corner of establishment of them to the line of horizon lies within the limits of corner of friction, mathematical models are got in relation to the kinematics of loads of a different geometrical form. The decision of optimization task is got in relation to the fast-acting in the gravitation and inertia reference devices, task related to minimization of forces chains of transporting elements and story devices, new constructions of in the devices for the division of streams are offered and others like that.

Key word: dynamics, orientation, loads, parameters, device, acceleration, optimization.