

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

ШЕВЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ЮХИМОВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ  
ПРОЦЕСІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОБОТИ З  
МАСИВАМИ СКЛОТАРИ В ЛІНІЯХ РОЗЛИВУ

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

Автореферат дисертації на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник - д.т.н.  
професор Соколенко А.І.

Київ - 1995

5.84

11В 33. 111

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Україні в галузі харчових технологій.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор

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

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00761303 (К)

Провідна організація - НВО "Спектр"

Захист відбудеться "25" 10 1995 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.01.15.04 Українського державного університету харчових технологій за адресою: 252033, м.Київ-33, вул. Володимирська, 68, ауд. А-3М

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету харчових технологій за адресою: м.Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий "19" 09 1995 р.

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

Зав"ялов В.Л.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. В нових умовах господарювання вирішальне значення набувають підходи до техніки, технології, організації і екології виробництва, що забезпечують необхідні економічні і показники якості. Питанням удосконалення обладнання транспортно-технологічних систем, підприємств, що здійснюють відвантаження готової продукції в скляній тарі в останнє десятиріччя приділяється серйозна увага.

Прогресивні транспортно-технологічні системи підприємств базуються на використанні конструктивних рішень, що забезпечують мінімізацію виробничих затрат і втрат склотари та готової продукції і найбільш можливу продуктивність ліній. Оптимізація транспортно-технологічних систем і їх реалізація в багатьох випадках визначається певними характеристиками складових частин, можливістю управління кінематичними параметрами обладнання, необхідністю внесення конструктивних змін і ін. Основою такої оптимізації може бути теоретична база, що дозволяє виконати необхідні дослідження і пошуки.

Мета роботи. Розвиток методів розрахунку для визначення оптимальних параметрів, обґрунтування та вибір параметрів обладнання для роботи з масивами склотари в лініях розливу.

### Основні завдання наукового дослідження:

- розробити аналітичні моделі перехідних процесів приводів, в яких використовуються демпферні упори для встановлення двигунів або мотор-редукторів;

- розробити математичний апарат по моделюванню переміщень вантажів по похилим віброплощинам для випадку руху на підйом, для опускного переміщення, для випадку переміщень по віброплощинам в напрямку нормальному до вимушених коливань, для випадку руху по рухомим площинам під дією зовнішньої сили, для випадку перевантаження і переорієнтації вантажів;

- створити теоретичні аспекти вивчення явищ затороутворення при формуванні і розформуванні масивів виробів циліндричної форми, встановити умови виникнення заторів, знайти методи боротьби з явищами затороутворення і знайти базу конструктивного відтворення нових пристроїв;

- виконати експериментальну перевірку аналітичних моделей по

явищам затороутворення, а також знайти взаємозв'язок між кінематичними і геометричними параметрами складових процесів розформування і переформування масивів з виробів циліндричної форми;

- базуючись на аналітичних розробках і експериментальних даних створити обладнання для завантаження і розвантаження транспортної тари склотарною продукцією, пристрої для розподілу потоків тари, формування і розформування масивів склотарної продукції з заданим позиціюванням.

Теоретична і практична цінність. На основі поглиблення і використання створених аналітичних моделей отримана можливість виконання комплексу робіт по розрахунку, проектуванню і удосконаленню вузлів і механізмів обладнання для роботи з масивами склотари в лініях розливу, а саме:

- одержана можливість обгрунтованого вибору параметрів динамічних систем приводів створюваних машин і пристроїв з оптимізацією по вибраним критеріям;

- створено нове обладнання для завантаження/бівантаження/пляшок з транспортної тари, розроблена вся необхідна документація на його серійне виробництво /Бориспільський промкомбінат Гйспоживспілки, Білоцерківський пивзавод/;

- на основі теорії по явищам затороутворення створено пристрій для розформування масивів пляшок /Київський завод шампанських вин/, новий пастеризатор пива в пляшках, що розробляється по замовленню ДКНТ України, тема № 03.ІЗ.00/007-94;

- з використанням теорії по переміщенню штучних вантажів створено обладнання для формування масивів виробів з рядною розкладкою при реконструкції вкладальника пляшок ЦАІГ.ВУА-І2 на Феодосійському пивзаводі;

- створено пристрій для відокремлення води від жому на "Пивзаводі на Подолі" /м. Київ/;

- створено і серійно випускається пристрій ЦАІГ.ВУА-І2 для вкладання пляшкової продукції в тару-обладнання;

- створено пристрій для поділу потоку тари-обладнання.

Наукова новизна виконаних досліджень полягає в отриманих:

- аналітичних моделях перехідних процесів приводів, в яких використовуються демпферні упори для встановлення двигунів і мотор-редукторів;

- математичному апараті по моделюванню переміщень штучних вантажів в транспортно-технологічних системах;

- фізичних і математичних моделях, що розкривають природу

виникнення явищ заторуотворення і вказують шляхи розв'язання цієї проблеми;

- даних по визначенню окремих кінематичних і часових параметрів процесів формування і розформування масивів виробів.

Достовірність роботи. Достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій забезпечується використанням сучасних методів теоретичних і експериментальних досліджень, методів планування експерименту, ЕОМ та вимірювальних приладів і підтверджується хорошою відповідністю результатів, отриманих по рекомендованим розрахунковим формулам і експериментально, а також по результатам випробовувань і експлуатації вкладальника пляшок ЦАІГ-ВУА-І2, пристрою для вимання пляшок із тари-обладнання, розформувача масивів пляшок, пристрою для поділу потоку тари-обладнання і ін., що створені в результаті виконаних робіт.

Впровадження наукових розробок. Результати аналітичних і експериментальних досліджень використані:

- при розробці вкладальника пляшок ЦАІГ-ВУА-І2 в тару-обладнання ТОК-2М і ОПІ-300, впровадженого на Бориспільському промкомбінаті Райспоживспілки і п'яти інших підприємствах Укрспоживспілки;

- при проектуванні пристрою для вимання пляшок із тари-обладнання, змонтованого на Бориспільському промкомбінаті та Білоцерківському пивзаводі;

- при розробці пристрою для розподілу потоку тари-обладнання перед завантаженням;

- при розробці пристрою для розформування масивів пляшок, встановленого на Київському заводі шампанських вин;

- в пристрої для формування рядного масиву пляшок на Феодосійському пивзаводі;

- при створенні конструкторської документації на пристрій для пляшкової пастеризації пива в частині, що стосується вузла розвантаження пастеризатора, при виконанні роботи за договором № 03.ІЗ.00/007-94, що виконується за замовленням ДКНТ України;

- при створенні відокремлювача води від пивної дробини.

Економічний ефект від впровадження результатів досліджень по Бориспільському промкомбінату Райспоживспілки за першу половину 1989 р. склав 43,96 тис. крб.

Випробування і експлуатація розроблених пристроїв і їх окремих вузлів, підтвердили правильність теоретичних досліджень.

Апробація роботи. Дисертаційна робота викладена і схвалена на засіданні кафедри "Деталі машин" Українського державного університету харчових технологій.

Основні положення роботи були викладені і обговорені на українських республіканських науково-технічних конференціях "Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции" /м. Кіровоград, 1989 р./; "Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК" /м. Київ, 1989 р./; "Научно-технический прогресс и распространение передового опыта перерабатывающих отраслей промышленности" /м. Київ, 1990 р./; "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК" /м. Київ, 1991 р./; "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК" /м. Київ, 1993 р./; на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу КТІХП-УДУХТ /м. Київ, 1990-1994 рр./.

Публікації. По матеріалах дисертаційної роботи опубліковано 13 друкованих робіт, в тому числі 5 авторських свідоцтв на винаходи.

Структура і об'єм роботи. Робота складається із вступу, шести глав, висновків, списку використаної літератури, яка включає 122 найменування. Викладена на 128 сторінках машинописного тексту, має 5 таблиць, 50 малюнків і II додатків.

Особистий внесок дисертанта. Наукові розробки, викладені в роботі, пов'язані з:

- аналізом існуючого обладнання для роботи з масивами склота-ри в лініях розливу і методами його розрахунку;
- постановкою завдань досліджень;
- складанням і аналізом аналітичних моделей з урахуванням динаміки процесів;
- постановкою, проведенням експериментів і обробкою їх результатів;
- формулюванням висновків і пропозицій.

На стадії впровадження результатів наукових розробок у виробництво дисертант приймав безпосередню участь у розробці ТЗ, ТУ, конструкторської документації, в авторському нагляді за виготовленням, в монтажі, налагоджуванні і пускових випробуваннях дослідно-промислових зразків обладнання.

Методологія, методи досліджень. В роботі виконано комплекс теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретичні дослідження базувались на основі математичного моделювання робочих процесів з використанням основних положень динаміки твердого тіла, сучасної теорії динаміки машин, аналітичної механіки з використанням електронно-обчислювальної техніки.

Експериментальні дослідження проводились на спеціально спроектованій і виготовленій лабораторній і дослідно-промисловій установці з використанням математичних методів теорії планування експерименту і з використанням сучасних вимірвальних комплексів.

Об'єкт досліджень. В якості об'єктів досліджень вибрані операції в пристроях для завантаження і розвантаження транспортної тари, формування і розформування масивів предметів циліндричної форми, а також процеси переміщення вантажів по похилим рухомих площинах і ін.

У вступі обґрунтована тема дисертаційної роботи. Показана актуальність проблеми, відмічені специфічні особливості і підкреслені об'єктивні труднощі при розробці обладнання для виконання кінцевих операцій з масивами склотари в лініях розливу. Відмічена необхідність розробки і удосконалення методів розрахунку і проектування цих пристроїв.

В першій главі проведено аналіз сучасного стану обладнання транспортно-технологічних систем харчових підприємств, що пов'язані з розливом продукції в споживчу тару. Відмічено, що створення високопродуктивного обладнання потребує збільшення кінематичних параметрів з метою підвищення пропускної спроможності. Одночасно це приводить до підвищення силових показників в процесі взаємодії виробів один з одним і з елементами конструкцій машин та транспортного обладнання. Розв'язання цього протиріччя лежить на шляхах наближення значень динамічних і кінематичних параметрів до допустимих і виникає потреба пошуку такого оформлення робочих процесів, що знижує пікові навантаження, забезпечує задану точність позиціювання виробів, знижує ударні навантаження і ін. В зв'язку з цим огляд літератури мав на меті два завдання:

- по-перше, досліджувались сучасні технологічні вирішення машинного забезпечення процесів, взаємозв'язки між геометричними, кінематичними і динамічними параметрами обладнання;

- по-друге, вивчались можливості оптимізації робочих процесів

виходячи з критеріїв швидкодії, обмеження силових параметрів, максимальної вмісткості виробів в елементах транспортно-технологічної системи і ін.

Останнє пов'язувалось з аналізом сучасної теорії механіки, динаміки машин, теорії механізмів і машин, процесів переміщення вантажів під дією зовнішніх сил з урахуванням сталих і змінних значень сил рушійних і сил опору. Цим питанням присвячені роботи таких авторів як М.С.Комаров, С.М.Кожевников, Я.Г.Пановко, Ф.К.Іванченко, К.Б.Івановський, В.А.Красношапка, Й.І.Сторіжко, О.П.Кривопляс і ін. Проте, незважаючи на достатньо широке охоплення проблем динаміки залишається багато невирішених питань, що стосуються транспортно-технологічних систем підприємств в зв'язку з особливістю технологічних операцій, які в них протікають. В зв'язку з цим зроблено висновок про необхідність розвитку теоретичних основ і увялень в опису робочих процесів, що мають місце в обладнанні для роботи з масивами склотари, інших елементах ТТС.

Враховуючи приведені вище, сформульовані завдання досліджень і розробок.

Друга глава присвячена дослідженню динаміки перехідних процесів в пристроях для завантаження /розвантаження/ склотарної продукції в транспорту тару, що мало за мету пошук резервів підвищення продуктивності при оптимізації систем по обмеженню силових показників, критеріям швидкодії, суміщенні в часі різних операцій і ін.

Поза увагою дослідників залишаються можливості захисту, які виникають при використанні так званих демпферних упорів, на які встановлюється корпус мотор-редуктора. При цьому їх навантаження відбувається через реактивні моменти /сили/. В результаті деформації таких пружних елементів відбувається перерозподіл енергетичних потоків, що зменшує навантаження конструкції в напрямку двигун-робочий орган. Застосування такої конструкції порівняно з іншими запобіжними засобами /наприклад, муфтами/ дає можливість досягти позитивного результату при значно менших габаритах і спрощених конструкціях. Особливо цінним є використання демпферних упорів в сполученні з планетарними редукторами, оскільки при цьому можливе наближення запобіжного пристрою до робочого органу, який захищається. Це стосується, наприклад, такого обладнання як шнекові преси, пастеризатори і ін., де крутні моменти на ведучих валах машин значні. Розрахункова схема при цьому зводиться до вигляду, представленому на рис. 1.

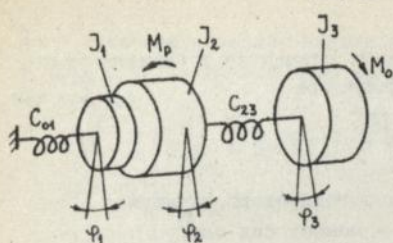


Рис.І. Еквівалентна схема приводу:  
 $J_1$  - зведений момент інерції стартора системи;  $J_2$  - зведений момент інерції ротора;  $J_3$  - зведений момент інерції ведених ланок;  $C_{01}$  - жорсткість упорів системи;  $C_{23}$  - зведена жорсткість системи.

Перелік можливих ситуацій по пуску машини з урахуванням лінеаризованих статичних механічних характеристик асинхронних електродвигунів представлено в табл.І.

Таблиця І

Пружний елемент ОІ попередньо не навантажений	Система без зазорів		Система з зазорами			
	Початок руху $J_3$ на І ділянці характеристики електродвигуна	Початок руху $J_3$ на П ділянці характеристики електродвигуна	Вибір зазору на І ділянці характеристики електродвигуна		Вибір зазору на П ділянці характеристики електродвигуна	
			Початок руху $J_3$ на І ділянці	Початок руху $J_3$ на П ділянці	Початок руху $J_3$ на П ділянці	Початок руху $J_3$ після розгону $J_2$
$M_{01} > M_{23}$						

В роботі розглянуті всі випадки по переліку табл.І, а тут приведемо дані, що стосуються найгіршого випадку ударного навантаження.

Аналітичні моделі складаються з загальноприйнятими в динаміці машин припущеннями, а саме:

- пружні зв'язки є невагомими;
- деформації пружних елементів пропорційні навантаженням;
- не враховувались дисипативні енергетичні втрати.

Відомо, що для системи, представленої двошматовою моделлю,

значення моментів навантаження пружних елементів в режимах ударного навантаження визначається за формулою

$$M_{23} = \omega_n \sqrt{J_3 C_{23}} \sin \sqrt{\frac{C_{23}}{J_3}} t + M_0, \quad /1/$$

де  $\omega_n$  - номінальна кутова швидкість ротора електродвигуна;  
 $t$  - час протікання процесу;  $M_0$  - момент сил опору.

Для нашого випадку цей режим можливо реалізувати попередньо навантаживши демпферні упори.

Для режиму, коли демпферні упори попередньо не навантажені, маємо два етапи взаємодії між масами системи. I етап відповідає навантаженню пружного елемента  $C_{23}$  до величини момента опору руху веденої маси  $M_0$ . При цьому матимемо на увазі, що ведуча маса вже розігнана до швидкості усталеного руху  $\omega_n$ . Тоді рівняння руху мас зводиться до вигляду

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 = b_1 - \alpha_1 \omega_n - C_{01} \varphi_1; & /2/ \\ \dot{\varphi}_2 = \omega_n - \dot{\varphi}_1; & /3/ \\ \dot{\varphi}_3 = 0, & /4/ \end{cases}$$

де  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - відповідні кутові координати приведених мас;

$$b_1 = M_m \omega_0 / (\omega_0 - \omega_T); \quad \alpha_1 = M_T / (\omega_0 - \omega_T);$$

$M_T$  - максимальний момент, що розвивається двигуном;

$\omega_T$  - кутова швидкість ротора, яка відповідає  $M_T$ ;

$\omega_0$  - кутова синхронна швидкість магнітного поля ротора.

При початкових умовах  $t_{(n)} = 0$ ;  $\varphi_{1(n)}^i = 0$ ;  $\dot{\varphi}_{1(n)}^i = 0$  маємо

$$\varphi_1 = \frac{b_0}{C_{01}} \left( 1 - \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t \right); \quad /5/$$

$$\varphi_2 = \omega_n t - \frac{b_0}{C_{01}} \left( 1 - \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t \right), \quad /6/$$

де  $b_0 = b_1 - \alpha_1 \omega_n$ .

Кінцеві умови I-го етапу:  $\varphi_{2(k)}^i = M_0 / C_{23}$ . Час закінчення I-го етапу  $t_{(k)}^i$  знаходимо ітераціями з виразу

$$\frac{M_0}{C_{23}} = \omega_n t_{(k)}^i - \frac{b_0}{C_{01}} \left( 1 - \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t_{(k)}^i \right). \quad /7/$$

Його величина дозволяє знайти значення кутових швидкостей  $\dot{\varphi}_{1(k)}^I$  і  $\dot{\varphi}_{2(k)}^I$ , які є початковими умовами II-го етапу. Тут маємо систему рівнянь

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 = \vartheta_0 - C_{01} \varphi_1; & /8/ \\ \dot{\varphi}_2 = \omega_n - \dot{\varphi}_1; \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 = C_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) - M_0. & /9/ \end{cases}$$

При початкових умовах II-го етапу:  $t_{(n)}^{\text{II}} = 0$ ;  $\varphi_{3(n)}^{\text{II}} = 0$ ;  $\dot{\varphi}_{3(n)}^{\text{II}} = 0$  її рішення приводяться до виду

$$\varphi_1 = \dot{\varphi}_{1(k)}^I \sqrt{\frac{J_1}{C_{01}}} \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + \left( \varphi_{1(k)}^I - \frac{\vartheta_0}{C_{01}} \right) \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + \frac{\vartheta_0}{C_{01}}; \quad /10/$$

$$\varphi_2 = \omega_n t - \dot{\varphi}_{1(k)}^I \sqrt{\frac{J_1}{C_{01}}} \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \left( \varphi_{1(k)}^I - \frac{\vartheta_0}{C_{01}} \right) \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \frac{\vartheta_0}{C_{01}} + E_1;$$

$$\begin{aligned} \varphi_3 = & A_3 \sin \sqrt{\frac{C_{23}}{J_3}} t + B_3 \cos \sqrt{\frac{C_{23}}{J_3}} t - \frac{A \cdot C_{23}}{C_{23} - J_3 (C_{01}/J_1)} \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \\ & - \frac{B \cdot C_{23}}{C_{23} - J_3 (C_{01}/J_1)} \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + \omega_n t + \frac{E_0 J_3}{C_{23}}, \end{aligned}$$

$$\text{де } E_I = \dot{\varphi}_{1(k)}^I + \dot{\varphi}_{2(k)}^I; \quad A_3 = \left( \frac{J_1 A \sqrt{C_{01}/J_1} \cdot C_{23}}{J_1 C_{23} - J_3 C_{01}} - \omega_n \right) \sqrt{\frac{J_3}{C_{23}}} \quad /11/$$

$$B_3 = \frac{C_{23} \cdot B \cdot J_1}{J_1 C_{23} - J_3 C_{01}} - \frac{E_0 J_3}{C_{23}} \quad A = \dot{\varphi}_{1(k)}^I \sqrt{\frac{J_1}{C_{01}}}; \quad B = \varphi_{1(k)}^I - \frac{\vartheta_0}{C_{01}};$$

$$E_0 = \frac{C_{23} E_1}{J_3} - \frac{M_0}{J_3} - \frac{C_{23} \vartheta_0}{C_{01} J_3}. \quad /12/$$

Навантаження пружних елементів 0I і 23 знаходимо з виразів:

$$M_{0I} = \dot{\varphi}_{1(k)}^I \sqrt{J_1 C_{01}} \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + (C_{01} \varphi_{1(k)}^I - \vartheta_0) \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + \vartheta_0; \quad /13/$$

$$\begin{aligned} M_{23} = & C_{23} \left( E_I - \dot{\varphi}_{1(k)}^I \sqrt{\frac{J_1}{C_{01}}} \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \left( \varphi_{1(k)}^I - \frac{\vartheta_0}{C_{01}} \right) \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \right. \\ & - \frac{\vartheta_0}{C_{01}} - \varphi_{2(k)}^I - A_3 \sin \sqrt{\frac{C_{23}}{J_3}} t - B_3 \cos \sqrt{\frac{C_{23}}{J_3}} t + \frac{A C_{23}}{C_{23} - J_3 (C_{01}/J_1)} \times \\ & \times \left. \sin \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t + \frac{B C_{23}}{C_{23} - J_3 (C_{01}/J_1)} \cos \sqrt{\frac{C_{01}}{J_1}} t - \frac{E_0 J_3}{C_{23}} \right). \quad /14/ \end{aligned}$$

Результати розрахунків по приведеним рівнянням представлені на рис.2.

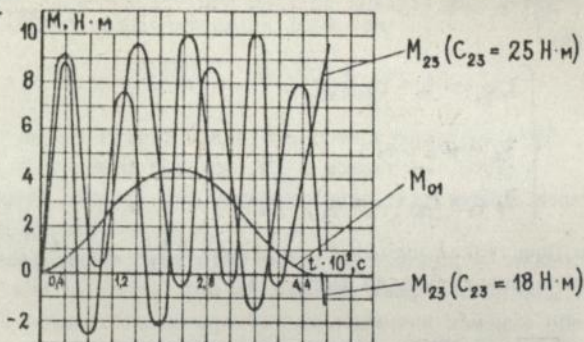


Рис.2. Графік зміни пружних моментів в елементах приводу машини.

Розрахунки показують, що використання демпферних упорів знижує пікові навантаження приблизно в 1,6 рази.

Третя глава присвячена дослідженню динаміки переміщень штучних вантажів по рухомих площинах під дією сил тяжіння, сил інерції та інших зовнішніх сил. При цьому були оцінені додаткові можливості по обмеженню силових дій, а також поєднання операцій перевантаження і переорієнтації вантажів у таких системах. В зв'язку з цим розглядалися наступні випадки:

- переміщення вантажів на підйом по віброплощинам;
- опускного переміщення вантажів по похилим віброплощинам;
- руху тіл по віброплощинам в напрямку нормальному до вимушених коливань;
- руху вантажу по похилим рухомих площинам;
- руху вантажів по рухомих площинах під дією зовнішньої сили;
- перевантаження і переорієнтації вантажів.

З метою визначення кінематичних і геометричних параметрів, а також часу протікання процесу складені аналітичні моделі процесів переміщення вантажів по рухомих площинах. Розрахункова схема випадку руху вантажів на підйом по віброплощинах представлена на рис.3.

Відмічено, що умова переміщення тіла на підйом по похилій площині практично співпадає з умовою його самогальмування на ній, тобто

$$\alpha \leq \rho,$$

де  $\alpha$  - кут нахилу площини;  $\rho$  - кут тертя в парі "вантаж-площина".

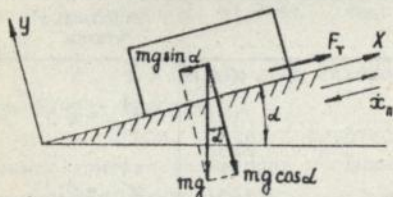


Рис. 3. Розрахункова схема переміщення вантажу по похилій віброплощині

При вибраних законах руху площини на основі поетапного розглядання процесу отримані розрахункові вирази для визначення кінематичних і геометричних параметрів. Етапи руху площини і вантажу представлені на рис. 4, а аналітичні моделі - в табл. 2.

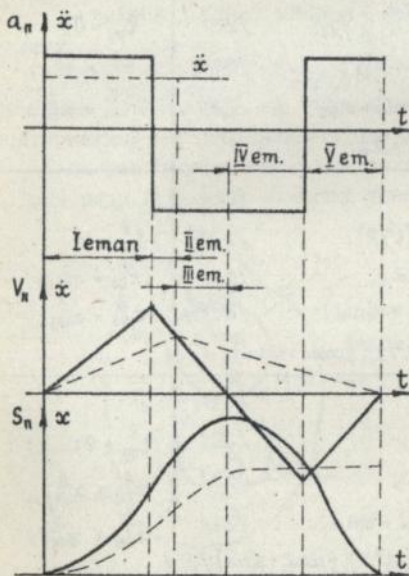


Рис. 4. Закони руху площини і вантажу на ній:

— площина;  
- - - вантаж.

Аналогічні результати одержано по всім іншим задачам глави 3.

Четверта глава присвячена дослідженню явищ затороутворення при формуванні і розформуванні масивів виробів циліндричної форми.

Таблиця 2

Розрахункові вирази для визначення кінематичних параметрів руху вантажу по площині

№ етапу	Аналітичні моделі	Початкові умови
I	Площина: $a_n^I = \text{const} > 0$ ; /16/	$t_{(n)}^I = 0$ ; $x_{(n)}^I = 0$ ; $\dot{x}_{(n)}^I = 0$ ;
	$S_n^I = a_n^I \cdot t^2/2$ ; /17/	
	$V_n^I = a_n^I \cdot t$ ; /18/	
	Вантаж: $\ddot{x} = fg \cos \alpha - g \sin \alpha$ ; /19/	
	$\dot{x} = tg(f \cos \alpha - \sin \alpha)$ ; /20/	
	$x = (gt^2/2)(f \cos \alpha - \sin \alpha)$ ; /21/	
II	Площина: $V_n^{II} = V_{(k)}^I - a_n^{II} t$ ; /22/	$t_{(n)}^{II} = 0$ ; $x_{(n)}^{II} = x_{(k)}^I$ ; $\dot{x}_{(n)}^{II} = \dot{x}_{(k)}^I$ ;
	$S_n^{II} = S_{(k)}^I + V_{(k)}^I t - a_n^{II} (t^2/2)$ ; /23/	
	Вантаж: $\dot{x}^{II} = tg(f \cos \alpha - \sin \alpha) + \dot{x}_{(k)}^I$ ; /24/	
	$x^{II} = (gt^2/2)(f \cos \alpha - \sin \alpha) + x_{(k)}^I$ ; /25/	
	Закінчується етап при $V_{(k)}^{II} = \dot{x}_{(k)}^I$	
III	Площина: $V_n^{III} = V_{(k)}^{II} - a_n^{III} t$ ; /26/	$t_{(n)}^{III} = 0$ ; $x_{(n)}^{III} = x_{(k)}^{II}$ ; $\dot{x}_{(n)}^{III} = \dot{x}_{(k)}^{II}$ ;
	$S_n^{III} = S_{(k)}^{II} + V_{(k)}^{II} t - a_n^{III} (t^2/2)$ ; /27/	
	Вантаж: $\ddot{x}^{III} = -fg \cos \alpha - g \sin \alpha$ ; /28/	
	$\dot{x}^{III} = \dot{x}_{(k)}^{II} - gt(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /29/	
	$x^{III} = x_{(k)}^{II} + \dot{x}_{(k)}^{II} t - (gt^2/2)(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /30/	
IV	Площина: $V_n^{IV} = -a_n^{IV} \cdot t$ ; /31/	$t_{(n)}^{IV} = 0$ ; $x_{(n)}^{IV} = x_{(k)}^{III}$ ; $\dot{x}_{(n)}^{IV} = \dot{x}_{(k)}^{III}$ ;
	$S_n^{IV} = S_{(k)}^{III} - a_n^{IV} (t^2/2)$ ; /32/	
	Вантаж: $\ddot{x}^{IV} = -fg \cos \alpha - g \sin \alpha$ ; /33/	
	$\dot{x}^{IV} = \dot{x}_{(k)}^{III} - gt(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /34/	
	$x^{IV} = x_{(k)}^{III} + \dot{x}_{(k)}^{III} t - (gt^2/2)(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /35/	
V	Площина: $V_n^V = -a_n^V t_{(k)}^{III} + a_n^V \cdot t$ ; /36/	$t_{(n)}^V = 0$ ; $x_{(n)}^V = x_{(k)}^{IV}$ ; $\dot{x}_{(n)}^V = \dot{x}_{(k)}^{IV}$ ;
	$S_n^V = S_{(k)}^{IV} - (a_n^V \cdot t_{(k)}^{III}) \cdot t + a_n^V (t^2/2)$ ; /37/	
	Вантаж: $\ddot{x}^V = -fg \cos \alpha - g \sin \alpha$ ; /38/	
	$\dot{x}^V = \dot{x}_{(k)}^{IV} - gt(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /39/	
	$x^V = x_{(k)}^{IV} + \dot{x}_{(k)}^{IV} t - (gt^2/2)(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; /40/	



де  $f$  - коефіцієнт тертя в парі "предмет-стояк";

$f_c$  - коефіцієнт тертя в парі "скло-скло";

$\alpha$  - кут між лінією дії  $R_{2I}$  і N-N;

$R_{2I}$  - силова дія з боку другого предмету на перший.

Критичному значенню кута  $\alpha$  відповідає в останній рівності знак мінус і для різних співвідношень коефіцієнтів тертя залежність по визначенню  $\alpha_{кр}$  представлена на рис.6.

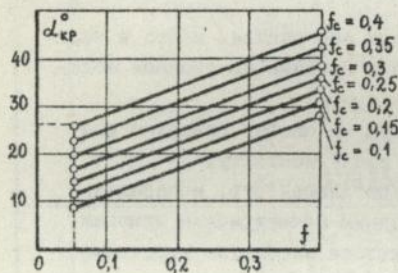


Рис.6. Залежність величини  $\alpha_{кр}$  від коефіцієнтів тертя  $f$  і  $f_c$ .

По випадку з рухомою опорною площиною, маємо

$$R_{2I} \geq \frac{f_0 mg (f \cos \alpha - \sin \alpha)}{(1 - ff_0) \sin \alpha - (f - f_c) \cos \alpha}, \quad /43/$$

де  $f_0$  - коефіцієнт тертя виробу по опорній площині;

$m$  - маса виробу.

З останнього виразу видно, що певному набору параметрів може відповідати нульове значення знаменника при якому  $R_{2I} \rightarrow \infty$ . Це і буде випадок заторуотворення.

Для випадків, які розглянуті, приведений кут тертя визначається з умови

$$\rho_{np} = \text{arctg} \frac{f + f_c}{1 - ff_c}, \quad /44/$$

а умова відсутності заторуотворення записується у вигляді

$$\alpha > \rho_{np} = \text{arctg} \frac{f + f_c}{1 - ff_c}. \quad /45/$$

Розглянуті ситуації обумовлюють присутність силової дії на перший предмет зі сторони наступних і відповідають конструктивним рішенням елементів транспортних систем розповсюджених на практиці. З розглянутого витікає, що суттєве значення при виникненні заторуотворення відіграє сила тертя виробів з бічною напрямною. Якщо цю бічну

напряму виконати рухомою, то ці сили тертя можуть стати рушійними, що і видно з випадку, представленому на рис.7.

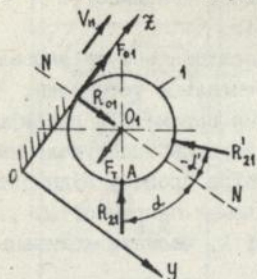


Рис.7. Розрахункова схема випадку з рухомою бічною напрямною і нерухомою опорною площиною.

Для цього випадку, маємо  $R_{2I} \geq \frac{f_0 mg}{\sin \alpha + f \cos \alpha}$ . З останнього

видно, що виникнення повного затору при додатніх  $\alpha$  неможливе. При від'ємних значеннях кута  $\alpha$ , маємо

$$R'_{2I} \geq \frac{f_0 mg}{f \cos \alpha - \sin \alpha} \quad /46/$$

і тут умова відсутності затору співпадає з раніше одержаною, тобто повинно бути  $\alpha \leq \rho$ . Для випадку розташування тіла на рухомій опорній площині для додатніх значень кута  $\alpha$ , сил протидіючих переміщенню немає і заторування неможливе. Від'ємним значенням кута  $\alpha$  відповідає умова

$$R'_{2I} \geq \frac{f_0 mg (f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\sin \alpha' - f \cos \alpha'} \quad \text{і} \quad \alpha \leq \rho. \quad /47/$$

Аналогічні моделі одержано для випадків розміщення предмету № I на нерухомій і на рухомій площині зі зміною положення. Таким чином, ця частина досліджень дала можливість показати фізичну суть явищ заторування і одночасно намітити шляхи позбавлення їх за рахунок використання рухомих бічних напрямних.

П'ята глава присвячена проведенню експериментальних досліджень. Для операцій, пов'язаних з процесами формування і розформування масивів предметів, перевантажувальних пристроїв, пристроїв для ділення потоків та ін., визначались:

- кінематичні і параметри часу переміщення пляшок вдовж напрямної, якій задається зворотньо-поступальний рух;

- час переміщення пляшок вповодж сформованого ряду під дією сил тертя з боку опорної площини;
- час розвороту пляшки відносно рядної напрямної;
- час розформування масиву предметів.

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

Одна з них призначена для визначення параметрів переміщення пляшок вповодж напрямної, що здійснює зворотно-поступальний рух. До числа факторів, які визначають параметри процесу відносяться: швидкість руху ланцюга  $V_k$ , кут встановлення напрямної  $\alpha$ , маса пляшки  $m_n$ , амплітуда коливань напрямної  $A$ , частота коливань напрямної  $\omega$ .

В зв'язку з тим, що кількість факторів, які визначають час руху /і швидкість/ предмету вповодж напрямної дорівнює 5, був складений план дослідів у вигляді 1/4 репліки повного факторного плану типу  $2^5$ .

Дослідження проводились на лабораторному стенді /рис.8/ у відповідності з планом проведення експериментів.

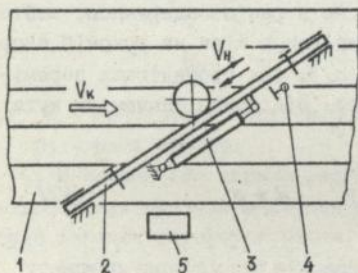


Рис.8. Схема лабораторного стенду:

- 1 - багаторядний конвейєр;
- 2 - рухома бічна напрямна;
- 3 - пневмопривод напрямної;
- 4 - регулятор амплітуди ходу напрямної;
- 5 - регулятор частоти коливань.

Результати досліджень, оброблені за допомогою методів математичної статистики, дозволили отримати залежність для визначення часу переміщення пляшки вповодж напрямної, що здійснює зворотно-поступальний рух у вигляді

$$y = 4,79 - 0,838x_1 - 0,913x_2 \quad /48/$$

де  $x_1$  - швидкість ланцюга конвейєра  $V_k$ , м/с;  
 $x_2$  - кут встановлення напрямної  $\alpha$ , рад.

Для визначення часу зміщення пляшок від вихідного каналу до каналу стаціонарного подільника-формувача при реконструкції вкладальника пляшок ЦАІГ.ВУА-12 був виготовлений лабораторний

стенд /рис.9/.

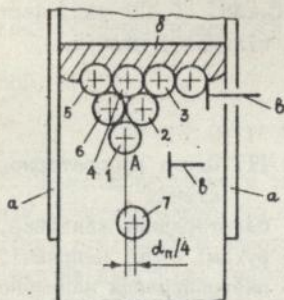


Рис.9. Схема лабораторного стенду:  
1...7 - пляшки; а - бічні  
стойки; б - поперечна  
планка з напівзепадинами;  
б - контактні датчики.

Досліди проводились для порожніх і повних пляшок при зміні швидкості вантажонесучих елементів багаторядного конвейєра. Результати експериментів представлені на рис.10, а їх аналітичне узагальнення приводиться до вигляду

- для порожніх пляшок

$$t = 4,23 - 6,4 V_k ; \quad /49/$$

- для заповнених

$$t = 4,04 - 6,5 V_k . \quad /50/$$

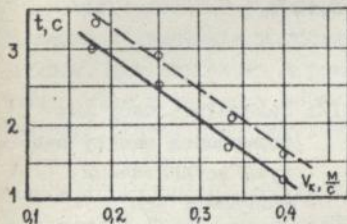


Рис.10. Залежність часу переміщення предмету від швидкості опорного елемента:  
— для заповнених пляшок;  
--- для порожніх пляшок.

По теоретичній частині досліджень, пов'язаній з затороутворенням /глава 4/ виявлено, що у випадку використання рухомих бічних напрямних цих явищ можна уникнути. Дослідження проводились на лабораторному стенді, схема якого представлена на рис.11.

При проведенні експериментів коливання параметрів зовнішнього середовища не враховувались, тобто рахувалось, що процес розформування проходив при постійній температурі, вологості, запыленості і т.п. Розформування масиву здійснювалось при швидкості

руху вантажонесущих елементів стола-розформувача  $V_k = 0,093 \dots 0,12$  м/с, куті встановлення напрямної  $\alpha = 0,238 \dots 0,431$  рад, частоті коливань напрямних  $\omega = 0,4 \dots 0,8$  с<sup>-1</sup>, кількості пляшок  $n_n = 50 \dots 70$  шт.

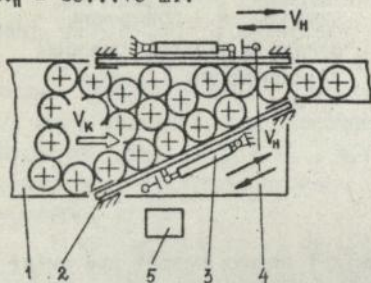


Рис. II. Схема лабораторного стенду:

- 1 - багаторядний конвейєр;
- 2 - рухомі бічні напрямні;
- 3 - пневмоприводи напрямної;
- 4 - регулятори амплітуди ходу напрямних;
- 5 - регулятор частоти коливань.

В результаті обробки спостережень отримані дослідні дані про залежність між часом розформування масиву при різних значеннях швидкості  $V_k$  ланцюгів стола-розформувача, кутом нахилу напрямної  $\alpha$  і кількістю пляшок  $n_n$  в масиві, що одночасно знаходиться на столі-розформувачі. Їх графічне зображення приведено на рис. I2, а аналітичне узагальнення приводиться до виду

$$y = 28,7 - 4,2 V_k + 5,38 \alpha + 3,13 n_n. \quad /51/$$

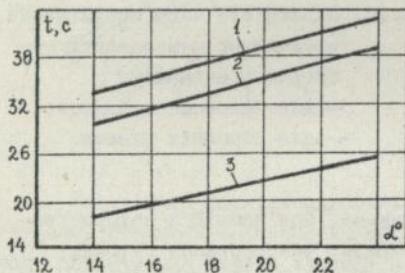


Рис. I2. Залежність часу розформування масиву від кута встановлення напрямної при:

- 1 -  $V_k = 0,095$  м/с;  $n_n = 70$  шт.,
- 2 -  $V_k = 0,1$  м/с;  $n_n = 70$  шт.,
- 3 -  $V_k = 0,11$  м/с;  $n_n = 70$  шт.

Шоста глава присвячена опису конструктивних рішень і розробок. В ній викладені основні особливості проектування пристроїв для завантаження і розвантаження склотарної продукції в транспортну тару, наведені основні результати впровадження аналітичних і експериментальних досліджень при виготовленні пристроїв для форму-

вання і розформування масивів предметів циліндричної форми. Приведені розробки пристроїв для поділу потоків предметів, тари і ін.

### Основні результати і висновки:

1. З метою керованого впливу на динаміку перехідних явищ в приводах сучасних машин при відносно нескладному конструктивному оформленні доцільним є використання пружних демпферних упорів для встановлення двигунів. Розроблено аналітичні моделі, які охоплюють всю можливу сукупність сполучень вхідних даних і визначають випадки пуску системи без зазорів, з ненавантаженими і навантаженими пружними елементами, системи з зазорами на базі використання статичних механічних характеристик електродвигунів. Встановлені можливості впливу за рахунок керуючих параметрів на основні динамічні показники систем визнано за доцільне використання цих елементів в таких розробках, як пристрій для виймання масивів пляшок з тари-обладнання, пристрій для пастеризації пляшкового пива, пристрій для відокремлення хмелю від пивного суслу. Використання демпферних упорів двигунів знижує пікові навантаження елементів конструкцій в 1,6 рази при інших рівних умовах;

2. Розроблено і опробовано аналітичний апарат по моделюванню переміщень вантажів по похилим віброплощинам для випадків руху на підйом, для опускного переміщення, для випадку переміщень по віброплощинам в напрямку нормальному до вимушених коливань, для випадку руху вантажів по похилим рухомим площинам, для випадку руху по рухомим площинам під дією зовнішньої сили, для випадку перевантаження і переорієнтації вантажів. Ці теоретичні моделі поширюють можливості впливу на складові процесів, які відбуваються в транспортно-технологічних системах виробництва і при обмеженій значення сил тертя зовнішній силовій дії дозволяють на нових принципах організувати виконання таких операцій, як формування і розформування масивів виробів, переформування їх потоків і ін.;

3. Вивчена фізична суть явищ утворення заторів з виробів циліндричної форми в транспортно-технологічних системах, які є серйозною їх вадою і в деяких випадках знижують пропускну спроможність до 20%. Встановлено, що виникнення заторів є наслідком розподілу напрямків силової дії між учасниками процесу, коли такі

напрямки лежать в межах кутів тертя. В зв'язку з практичною безліччю можливих положень виробів відносно конструкції і один відносно іншого уникнути явищ затороутворення на шляхах пошуку певних співвідношень геометричних параметрів системи неможливо.

Знайдено, що можливим виходом з цієї ситуації є використання сил тертя, які викликають виникнення заторів, для їх руйнації за рахунок бічних напрямних масиву виробів, якими задається асинхронний зворотньо-поступальний рух певної частоти і амплітуди. Лабораторна і промислова перевірка підтвердила вірність теоретичних положень;

4. Створено і передано в довгострокову промислову експлуатацію пристрій для виїмання пляшок з тари-обладнання на Бориспільському промкомбінаті Райспоживспілки і Білоцерківському пивзаводі продуктивністю 6000 пляшок за годину. На базі цих зразків створено документацію на його серійне виробництво;

5. Передано в промислову експлуатацію пристрій беззаторного розформування масивів пляшок в транспортно-технологічній системі Київського заводу шампанських вин. Аналогічне рішення виконано при створенні конструкторської документації на пристрій для пляшкової пастеризації пива в частині, що стосується вузла для розвантаження пастеризатора, при виконанні роботи за договором № 0313.00/007-94 /замовлення ДКНТ України/.

#### Публікації по темі дисертації

1. Соколенко А.І., Костюк В.С., Шевченко О.Ю., Валиулін Г.Р. і ін. Социальный и экономический эффект от внедрения средств механизации ПРТС работ в линиях розлива // Тези доп. респ. наук.-техн. конф. Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции. - Кировоград, 1989. - Вип. I. - с. 54-55.
2. Сторіжко Й.І., Соколенко А.І., Костюк В.С., Шевченко О.Ю. і ін. Повышение эффективности транспортно-технологических систем стеклотарной продукции пищевых производств // Тези доп. респ. наук.-техн. конф. Технический уровень предприятий перерабатывающей промышленности Госагропрома УССР и качество выпускаемой продукции. - Кировоград, 1989. - Вип. I. - с. 60-61.
3. Юно М.І., Валиулін Г.Р., Костюк В.С., Шевченко О.Ю. Міх-

- лін М.Б. Теоретические основы процессов расформирования массивов стеклотары // Тези доп. респ. наук.-техн. конф. Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК. - Київ, 1989. - с. 177.
4. Соколенко А.І., Южно М.І., Костюк В.С., Шевченко О.Ю. і ін. Современные технологии товародвижения и оборудование в производстве и реализации готовой продукции // Тези доп. наук.-техн. конф. Научно-технический прогресс и распространение передового опыта перерабатывающих отраслей промышленности. - Київ, 1990. - с. 68.
5. Шевченко О.Ю., Міхлін М.Б. Динамика наклонных устройств для расформирования массивов бутылок // Тези доп. респ. наук.-техн. конф. Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК. - Київ, 1991. - с. 426.
6. Соколенко А.І., Костюк В.С., Шевченко О.Ю. і ін. Реконструкція транспортно-технологічної схеми скляного заводу // Тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК. - Київ, 1993. - с. 476.
7. Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Костюк В.С. Динаміка робочих процесів укладальника пляшок // Тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК. - Київ, 1993. - с. 476-477.
8. Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Костюк В.С. Особливості й оптимізація динаміки приводів пристроїв для виймання пляшок з тари-обладнання // Тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК. - Київ, 1993. - с. 484.
9. А.с. 1611788 СССР, МКИ В 65 В 21/08. Устройство для укладки бутылок в контейнеры /А.И.Соколенко, В.С.Костюк, В.П.Яреско, А.Е.Шевченко и др. - 4637085; Заявл. 12.01.89; Опубл. 07.12.90. - Бюл. 45. - 4 с.
10. А.с. 1659303 СССР, МКИ В 65 В 35/10. Устройство для разделения потока изделий на ряды /А.И.Соколенко, М.И.Южно, В.С.Костюк, А.Е.Шевченко. - 4652113; Заявл. 09.10.88; Опубл. 30.06.91. - Бюл. 24. - 3 с.

11. А.с. I668244 СССР, МКИ В 65 С 47/26. Устройство для распределения потока контейнеров /В.С.Костюк, А.И.Соколенко, Г.Р.Валиулин, В.П.Яресько, А.Е.Шевченко. - 4676063; Заявл. 11.04.89; Опубл. 07.08.91. - Бюл.№ 29. - 3 с.
12. А.с. I682241 СССР, МКИ В 65 В 35/30. Устройство для преобразования потока штучных изделий в один ряд /В.С.Костюк, И.И.Сторишко, А.И.Соколенко, М.И.Южно, А.Е.Шевченко, Г.Р.Валиулин. - 4675845; Заявл. 11.04.89; Опубл. 07.10.91. - Бюл.№ 37. - 3 с.
13. А.с. I684171 СССР, МКИ В 65 В 35/24, 35/44. Способ преобразования многорядного потока штучных предметов в однорядный /А.И.Соколенко, В.С.Костюк, М.И.Южно, А.Е.Шевченко, Г.Р.Валиулин, В.Н.Калин, В.Г.Резник. - 4703215; Заявл. 09.06.90; Опубл. 15.10.91. - Бюл. № 38. - 3 с.

### А Н Н О Т А Ц И Я

Шевченко А.Е. Исследование и оптимизация рабочих процессов оборудования для работы с массивами стеклотары в линиях розлива.

Рукопись диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.18 - "Машины и агрегаты пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности", Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев - 1995.

В работе исследованы динамика переходных процессов приводов машин, технологические операции перемещения штучных грузов по подвижным плоскостям, процессы расформирования массивов изделий цилиндрической формы. Получены расчетные модели для определения геометрических, кинематических, силовых и временных параметров технологических операций. Предложены научно обоснованные рекомендации по разработке и проектированию узлов и механизмов оборудования для работы с массивами стеклотары. Осуществлено промышленное внедрение полученных технических решений, приводятся данные о его экономической эффективности.

Ключові слова : розформування, динаміка, переміщення, заторування, масив.

### A N N O T A T I O N

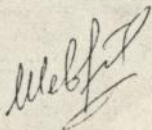
Shevchenko A.E. The investigation and optimization of operating processes of equipments for the work with masses of glass container in the bottling lines.

The manuscript of the thesis for Candidate's degree of engineering Sciences on speciality 05.18.18 - "The machines and aggregates of food, microbiological and pharmaceutical industry", Ukrainian State university of food technologies, Kiev - 1995.

The dynamics of the transmissional processes of machine-drives, the production operations of the piece goods through the travelling planes the processes of breaking up masses goods of cylindrical shape are investigated in this work. The calculated models for determination of the geometrical, kinematic power and temporal parameters of the technological operations are obtained. The scientifically grounded recommendations on designing and projecting the assemblies and mechanisms of the equipment for the work with masses of the glass container are suggested.

The industrial introduction of the obtained technical solutions is realized and the data about its economical effectiveness are represented.

Key words: breaking up, dynamics, transport, mash formation, mass.



Підп. до друку 11.09.95.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>.

Папір друк. № 2. Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 1,39.

Умовн. фарбо-відб. 1,5. Обл.-вид. арк. 1,0.

Тираж 100. Зам. № 5-1039.

Фірма «ВІПОЛ»

252151, Київ, вул. Волинська, 60.

441347

AB 33.111  
**AB 33.111**