

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

# **К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А**

**ДРУГОГО (МАГІСТЕРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему: **" Оптимізація параметрів роботи стрічкових конвеєрів "**

Виконав: студент 6 курсу групи Маш-61  
спеціальності 133 „Галузеве машинобудування”

Руслан Людвік

Керівник: Володимир ЯНКІВ

**ДУБЛЯНИ-2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“28” квітня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Людвіку Руслану Євгеновичу

1. Тема роботи: «Оптимізація параметрів роботи стрічкових конвеєрів»

Керівник роботи: Янків Володимир Венедиктович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи . Матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури. Каталоги стрічкових транспортерів. Методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Актуальність теми і завдання дослідження

2. Параметри продуктивності стрічкових конвеєрів

3. Методика і результати розрахунку продуктивності стрічкового транспортера

4. Охорона праці та захист населення

б. Економічна ефективність

Висновки та пропозиції

Бібліографічний список

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді: класифікація машин безперервного транспорту; типи конвеєрних стрічок; опори стрічкових конвеєрів; Мета і завдання роботи; методика розрахунку продуктивності конвеєрів; розрахунок площі поперечного перетину вантажу на стрічці; графіки залежностей коефіцієнтів  $K_2$  і  $K_3$ ; залежність довжини ролика від ширини стрічки; модель процесу виникнення травмонебезпечних ситуацій

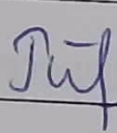
6. Консультанти розділів роботи

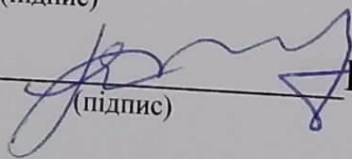
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Янків В.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування			Вик.
4	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			Вик.

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: « <u>Актуальність теми і завдання дослідження</u> »	28.04.23- 15.06.23	Вик.
2.	Виконання другого розділу: « <u>Параметри прдуктивності стрічкових конвеєрів</u> »	16.06.23- 15.08.23	Вик.
3.	Виконання розділу: « <u>Методика і результати розрахунку продуктивності стрічкового транспортера</u> »	16.08.23- 08.10.23	Вик.
4	Виконання розділу: « <u>Охорона праці та захист населення</u> »	10.10.23- 08.11.23	Вик.
5	Виконання розділу: « <u>Економічна ефективність</u> »	09.11.23- 30.12.23	Вик.
6	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	4.01.24- 15.01.24	Вик.

Студент  Руслан ЛЮДВІК  
(підпис)

Керівник роботи  Володимир ЯНКІВ  
(підпис)

## ВСТУП

Стрічкові транспортери є основним типом машини безперервного транспорту, який набув широкого використання в різних галузях сільського господарства і промисловості. У стрічкового конвеєра є ряд позитивних якостей: висока продуктивність, можливість транспортування вантажів на великі дистанції, простота конструкції, висока надійність та відносно невелика вага.

Стрічкові конвеєри призначені для транспортування сипучих, розрихлених гірських порід і штучних матеріалів. Здійснюватись транспортування може по горизонтальним трасах, по нахилу – вниз, або вгору.

Перевагою стрічкових конвеєрів серед інших є: відносно велика відстань транспортування від одного приводу, легкість обслуговування, безшумність при роботі, можливість автоматизації, невелика питома витрата електроенергії.

Недоліками цих конвеєрів є: невеликий термін служби стрічки, їх висока вартість, обмежений кут нахилу.

Сучасний розвиток усіх галузей аграрного виробництва, промисловості на базі широкого впровадження комплексної механізації та автоматизації транспортних і вантажно-розвантажувальних операцій, зумовлює, серед інших, і такі напрямки розвитку транспортуючих машин безперервної дії [9, 12].

- підвищення продуктивності конвеєрів. Цей напрямок реалізується шляхом вибору найбільш раціональної форми вантажонесучого елемента конвеєра для збільшення кількості вантажу на одиницю його довжини, а також шляхом збільшення швидкості руху вантажонесучого елемента;

- широке використання ЕОМ для розрахунків та вибору оптимальних варіантів складних систем машин; застосування ЕОМ для проектування конвеєрів у транспортно-технологічних системах.

# 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Огляд машин безперервного транспорту

Конвеєри відносяться до машин безперервного транспорту і діляться за конструктивною ознакою на дві великі групи: конвеєри з гнучким тяговим органом і конвеєри без гнучкого тягового органу. До конвеєрів з гнучким тяговим органом відносяться такі найпоширеніші машини: стрічкові, пластинчасті, скребкові, люлькові, підвісні, візкові конвеєри, ковшові елеватори та ескалатори. До конвеєрів без гнучкого тягового органу належать гвинтові конвеєри, коливні (у тому числі вібраційні), роликові та зі зворотно-поступальним рухом [3,6].

Конвеєри з гнучким тяговим органом розрізняються за видом останнього: тягові органи бувають у вигляді стрічок, ланцюгів або канатів. До конвеєрів з тяговим органом у вигляді стрічок належать власне стрічкові конвеєри та стрічкові ковшові елеватори. До ланцюгових конвеєрів належать пластинчасті, скребкові, ковшові, люлькові, підвісні, візкові конвеєри, ланцюгові елеватори та ескалатори. Тяговий орган у вигляді каната мають стрічково-канатні та канатно-дискові конвеєри; іноді канат застосовується також як тяговий орган підвісних і візкових конвеєрів.

Слід зазначити одну історично сформовану особливість класифікації конвеєрів; існують типи конвеєрів з гнучким тяговим органом, які прийнято відносити до груп конвеєрів без тягового органу. До них належать конвеєри з роликами, що приводяться у обертання тяговою стрічкою (ці конвеєри відносяться до роликових конвеєрів). та конвеєри з гнучкими тяговими органами у вигляді відрізків ланцюгів або канатів (ці машини відносяться до конвеєрів із зворотно-поступальним рухом). Ця особливість класифікації пояснюється тим, що зазначені конвеєри за своєю експлуатаційною характеристикою подібні до відповідних конвеєрів без гнучкого тягового органу (роликовим, вантажоведучим і крокуючим).

Проектно-конструкторські та науково-дослідні роботи в галузі конвеєрів, що широко розгорнулися останнім часом, призводять до перегляду їх класифікаційної схеми в окремих частинах. Так, ще недавно прийнято було ділити коливні конвеєри на інерційні, що працюють без підкидання, тобто без відриву транспортованого вантажу від жолоба і вібраційні, що працюють з підкиданням. Але експериментальні дослідження сучасних вібраційних конвеєрів показали, що фактично ці конвеєри працюють без підкидання вантажу і, отже, за принципом дії співпадають з групою інерційних конвеєрів.

Механічні транспортуючі машини безперервної дії класифікуються на : машини з гнучким тяговим елементом ( стрічки, ланцюги, линви); машини без гнучкого тягового елемента; гравітаційні пристрої, як показано на рис. 1.

Як видно з рис.1. машини безперервного транспорту поділяються на три великі групи, до яких належать конвеєри, які є об'єктом дослідження даної кваліфікаційної роботи.

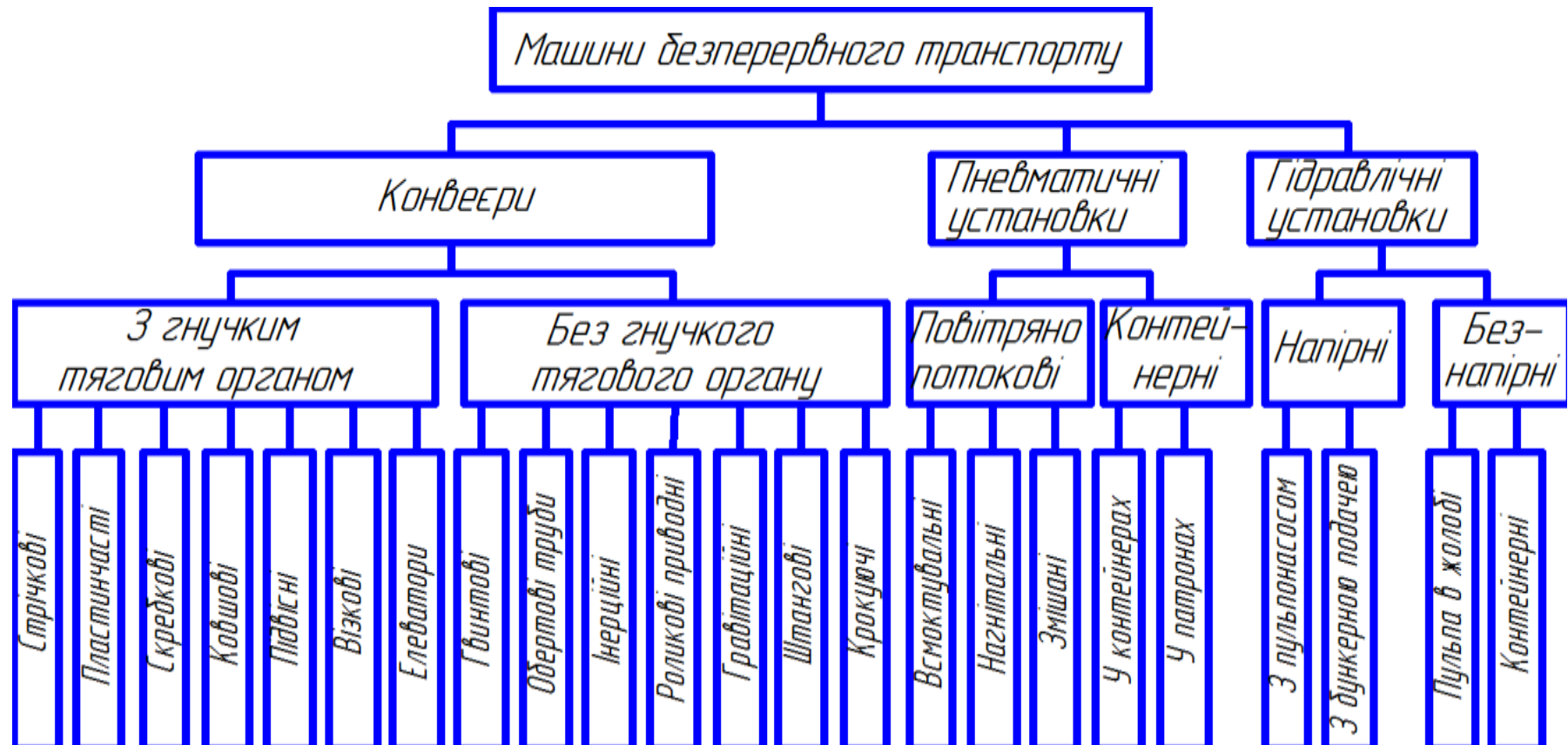


Рисунок 1.1 - Класифікація машин безперервного транспорту

Основні напрями перспективного розвитку сучасних транспортуючих машин[2,7].

Сучасний розвиток усіх галузей промисловості, вдосконалення методів виробництва машин і способів видобутку корисних копалин на базі широкого впровадження комплексної механізації та автоматизації транспортних і вантажно-розвантажувальних операцій, завдання підвищення продуктивності праці та зниження вартості продукції визначають і зумовлюють наступні основні напрями розвитку транспортуючих машин безперервної дії.

1. Створення конвеєрів для безперервного транспортування вантажів від початкового до кінцевого пунктів прямолінійною і складною просторовими трасами великої протяжності, тобто заміна кількох окремих конвеєрів одним конвеєром або єдиною транспортною системою без проміжних перевантажень. Роботи в цьому напрямку ведуться шляхом створення і впровадження багатопровідних конвеєрів різних типів (підвісних, пластинчастих, скребкових, стрічкових), потужних стрічкових конвеєрів з надміцними стрічками, криволінійних скребкових, пластинчатих і стрічкових конвеєрів, складних розгалужених систем підвісних штовхаючих та підлогових візкових та інших конвеєрів.

2. Підвищення продуктивності конвеєрів. Цей напрямок реалізується шляхом вибору найбільш раціональної форми вантажонесучого елемента конвеєра для збільшення кількості вантажу на одиницю його довжини, а також шляхом збільшення швидкості руху вантажонесучого елемента.

3. Створення конвеєрів з крутонахиленими та складокомбінованою горизонтально-вертикально-горизонтальною трасою для високопродуктивного транспортування насипних та штучних вантажів.



4. Підвищення надійності машин та спрощення їх обслуговування у важких умовах експлуатації. Створення машин з мінімальною кількістю обслуговуючого персоналу, з самообслуговуванням, зі складовими елементами довготривалої експлуатації. Роботи в цьому напрямі є основними передумовами для переходу до повної автоматизації управління машинами та їх комплексами.

5. Автоматизація управління машинами та комплексними системами машин, у тому числі із застосуванням ЕОМ.

6. Широке використання ЕОМ для розрахунків та вибору оптимальних варіантів складних систем машин; застосування ЕОМ для проектування конвеєрів у транспортно-технологічних системах, наприклад, ливарних цехів, цехів паливоподач, збагачувальних фабрик і т. п. підприємств.

7. Зниження металомісткості, маси та зменшення габаритних розмірів машин шляхом створення принципово нових полегшених конструкцій із застосуванням пластмас, легких сплавів, тонкостінних гнутих профілів металу тощо.

8. Створення нових машин, заснованих на перспективних методах транспортування: на магнітному та повітряному підвісі вантажонесучого елемента, з приводом від лінійних асинхронних двигунів тощо.

9. Створення спеціалізованих типів роботів-маніпуляторів для виконання автоматичного завантаження та розвантаження конвеєрів у процесі їх безперервного руху.

10. Поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу і виробничих робітників, виключення можливості втрат вантажу, що транспортується, повна герметизація транспортуючих пристроїв та ізоляція від навколишнього середовища пилоподібних, гарячих і хімічно агресивних вантажів. Зниження шуму під час роботи машини.

11. Уніфікація та нормалізація обладнання з одночасним збільшенням числа його типорозмірів на базі єдиних уніфікованих вузлів. Наприклад, створення на базі єдиного двошарнірного ланцюга, приводів, натяжних і поворотних пристроїв великої групи різноманітних підвісних (вантажонесущих, штовхаючих), візкових (вантажонесущих, вантажопровідних) та спеціальних пластинчастих (багажних) конвеєрів з одноплощинною та просторовою.

## 1.2. Огляд конструкцій транспортерів

Стрічкові конвеєри є найбільш поширеними транспортуючими машинами, що забезпечують переміщення насипних та штучних вантажів з високою продуктивністю. Відмінною особливістю сучасних стрічкових конвеєрів є їх експлуатаційна надійність і економічність, зумовлена малими питомими витратами енергії на транспортування вантажу і невибагливістю щодо обслуговування, що забезпечується високим рівнем автоматизації контролю та управління.

Робочим органом стрічкового конвеєра є стрічка, що несе на собі вантаж, що транспортується. Найбільш поширені конвеєри, у яких стрічка виконує функції несучого та тягового органів. Стрічка цих конвеєрів огинає два кінцеві барабани, а тягове зусилля передається на стрічку з приводного барабана за допомогою сил тертя її по барабану. Необхідне притискання стрічки до приводного барабана забезпечується натяжним барабаном, що переміщується за допомогою гвинтів або натяжних канатів. Стрічка по всій її довжині спирається на роликоопори – плоскі або жолобчасті; останні зазвичай складаються з трьох роликів і надають стрічці жолобчастої форми, необхідну для транспортування насипних вантажів на значні відстані.

Крім конвеєрів описаного типу, що називаються просто стрічковими існують ще стрічково-канатні та стрічково-ланцюгові конвеєри,

у яких стрічка виконує функції лише несучого органу, а канати або ланцюги з'єднані зі стрічкою, є тяговими органами.

Стрічкові конвеєри за характером встановлення прийнято класифікувати на конвеєри стаціонарні та пересувні; останні прийнято до категорії навантажувальних машин. Зі збільшенням ширини стрічки і потужності двигуна відповідно змінюються конструктивні риси конвеєрів, а тому їх умовно ділять на конвеєри загального призначення і так звані конвеєри великої потужності.

Робочим органом стрічкового транспортера є стрічка, що підтримує і транспортує вантаж. Найпоширенішими є транспортери, у яких стрічка виконує функції несучого і тягового органів. Стрічка таких транспортерів огинає два кінцевих барабани, а тягове зусилля передається на стрічку з приводного барабана за допомогою сил тертя стрічки з барабаном.

Необхідне зусилля притискання стрічки до приводного барабана забезпечується натяжним барабаном, що переміщається з допомогою гвинтів або натяжних линв. Стрічка по всій її довжині спирається на роликоопори – плоскі або жолобчасті; останні звичайно складаються з трьох роликів і надають стрічці жолобчастої форми, необхідної для транспортування насипних вантажів на значні віддалі.

Стаціонарні стрічкові транспортери поділяються на транспортери загального призначення і спеціальні.

Транспортери загального призначення називають так з огляду на їх широке застосування у всіх галузях промисловості і сільського господарства. У сільському господарстві стрічкові транспортери застосовують для транспортування зерна, цукрового буряка, сировини, напівфабрикатів і готової продукції на переробних підприємствах, млинах тощо. До спеціальних належать транспортери для харчової, борошномельної промисловості та для потокового виробництва

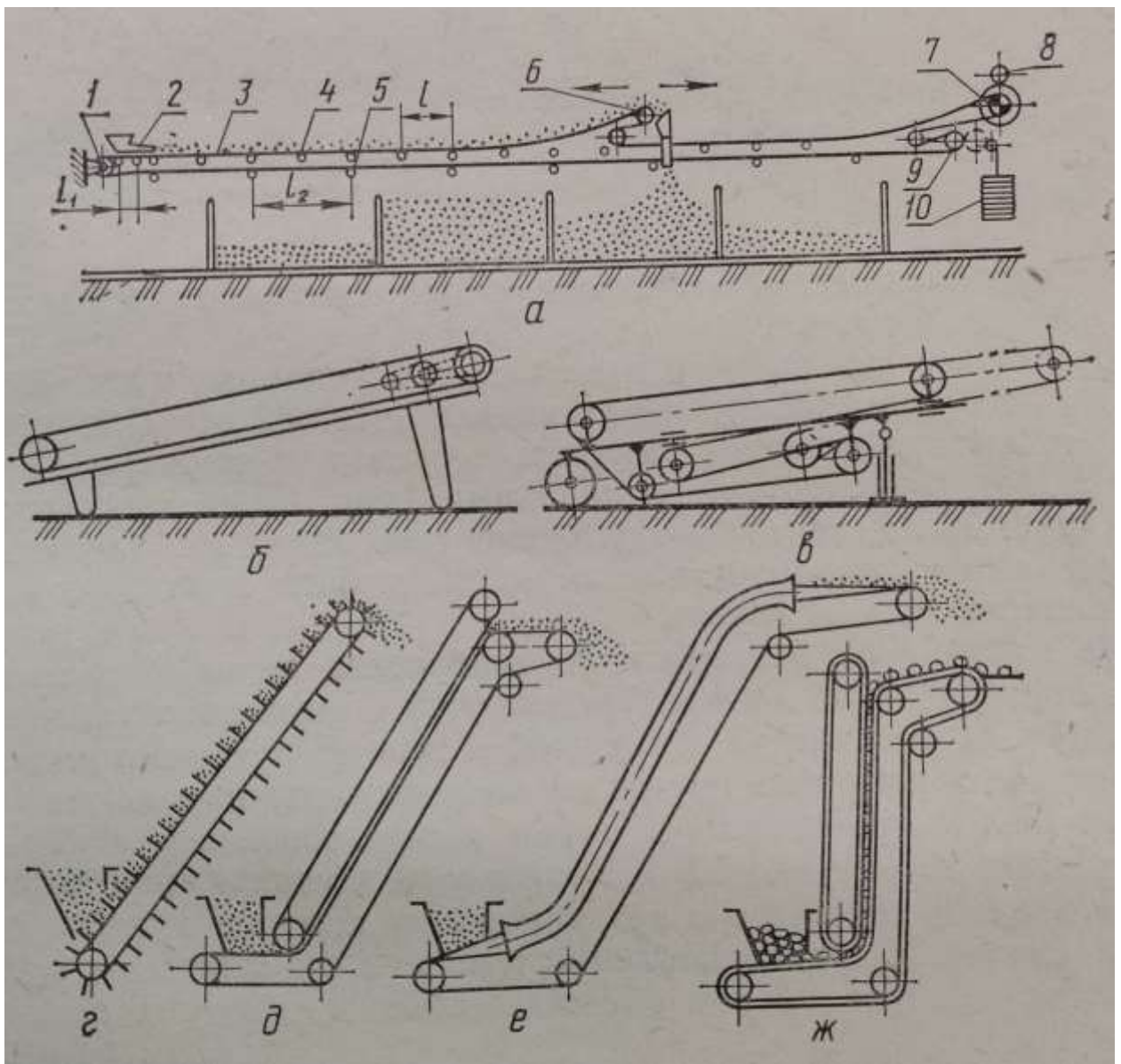


Рисунок 1.2 - Схеми різних стрічкових транспортерів, що застосовуються у сільському господарстві: а – стаціонарний: 1 - поворотний

барабан; 2 - завантажувальний пристрій; 3 - стрічка; 4 роликові опори; 6 - розвантажувальний пристрій; 7 - приводний барабан; 8 – приводний механізм; 9- натяжний механізм; 10-вантаж; б-переносний; в- пересувний з висувною консоллю; г- з планками; д - двострічковий; е- стрічково-трубчастий; ж – з м'якими стрічками.

За кутом нахилу конвеєри можуть бути горизонтальними і, похилими (до 15-20°), крутопохилими (до 35-45 °). Конструкції деяких похилих транспортерів зі змінним кутом нахилу подано на рис.



Рисунок 1.3 - Транспортер із гідравлічною системою зміни кута нахилу

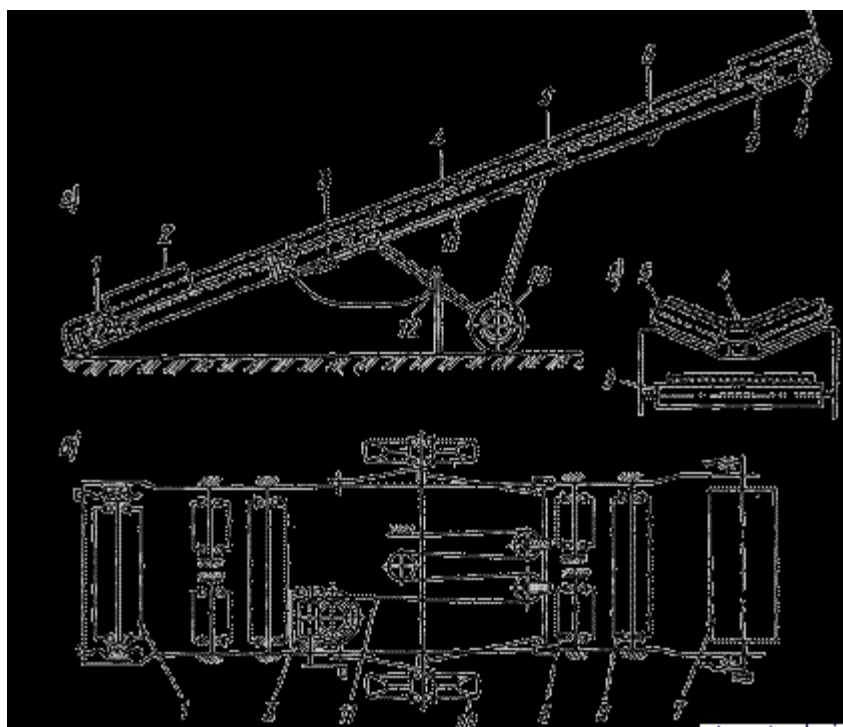


Рисунок 1.4-Транспортер з лебідковим механізмом зміни кута нахилу

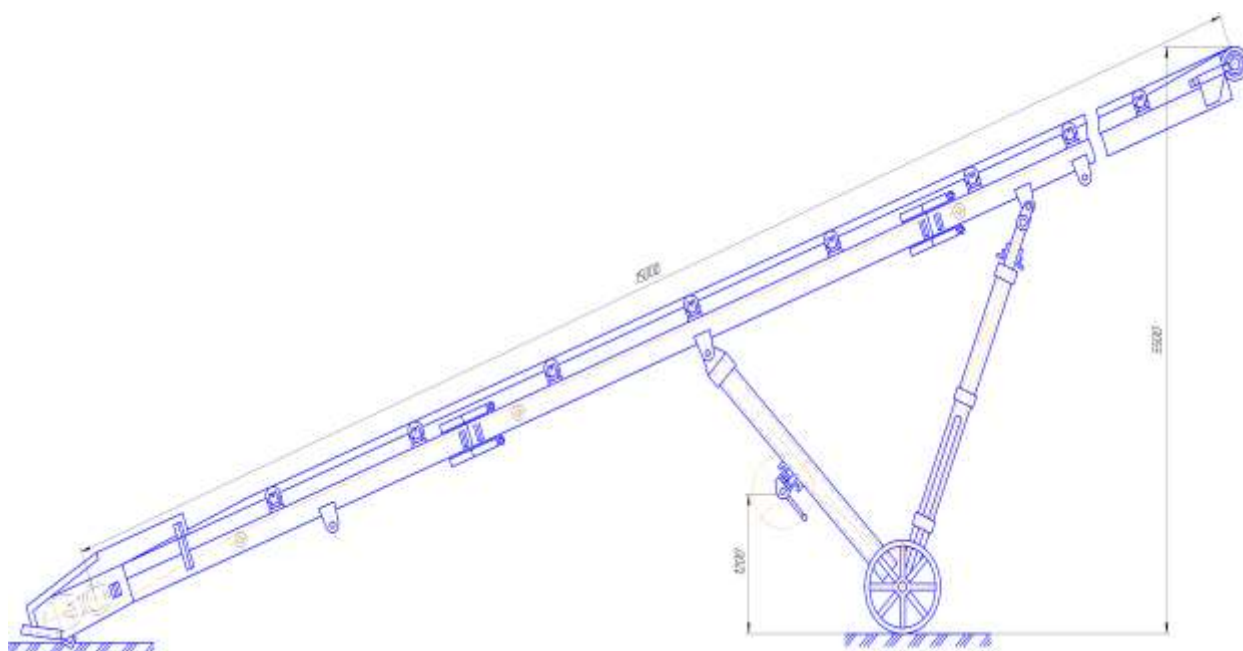


Рисунок 1.5 - Схема похилого стрічкового транспортера

### 1.3. Конструкції конвеєрних стрічок і роликів опор

Застосування гнучкого тягового елемента в конвеєрах забезпечує транспортування вантажів з високими швидкостями руху, плавність ходу і високу продуктивність при порівняно малому розподіленому навантаженні; використання фрикційного привода (гладкого барабана), що виключає залежність тягової здатності від подовження стрічки; порівняльну простоту конструкції та експлуатації, малу власну масу; поєднання в одній стрічці функцій несучого та тягового елементів; відсутність шарнірів і подібних швидкозношуваних частин[21,22].

До недоліків стрічок можна віднести складність виготовлення і високу вартість через використання дефіцитних матеріалів (каучуку, бавовняної та синтетичної тканини); невисоку міцність зовнішньої гумової обкладки, схильної до швидкого руйнування при транспортуванні твердих і важких насипних вантажів з гострими краями; складність з'єднання кінців стрічки, поточного ремонту, очищення від липких вантажів; підвищений початковий натяг, потрібний для нормальної роботи фрикційного привода, і значне подовження (до 4%) при робочих натягах, що потребує великого ходу натяжного пристрою.

У стрічкових конвеєрах в основному застосовують гумотканинні та гумотросові стрічки. Вітчизняні гумотканинні стрічки мають багатошарову конструкцію: пошаровий тяговий каркас складається з прокладок синтетичної (поліамід, поліефір) або комбінованої (поліефір, бавовна) тканини. Нарізні прокладки 3 (рис. 1.6, а) укладають основою по довжині стрічки, просочують гумовою сумішшю і вулканізують, з'єднуючи їх в єдине ціле - тяговий каркас, що сприймає розтягуючі зусилля. Міцність каркаса залежить від матеріалу прокладок та їх числа. Для додаткового захисту у стрічок, призначених для важких умов, робочу сторону тягового

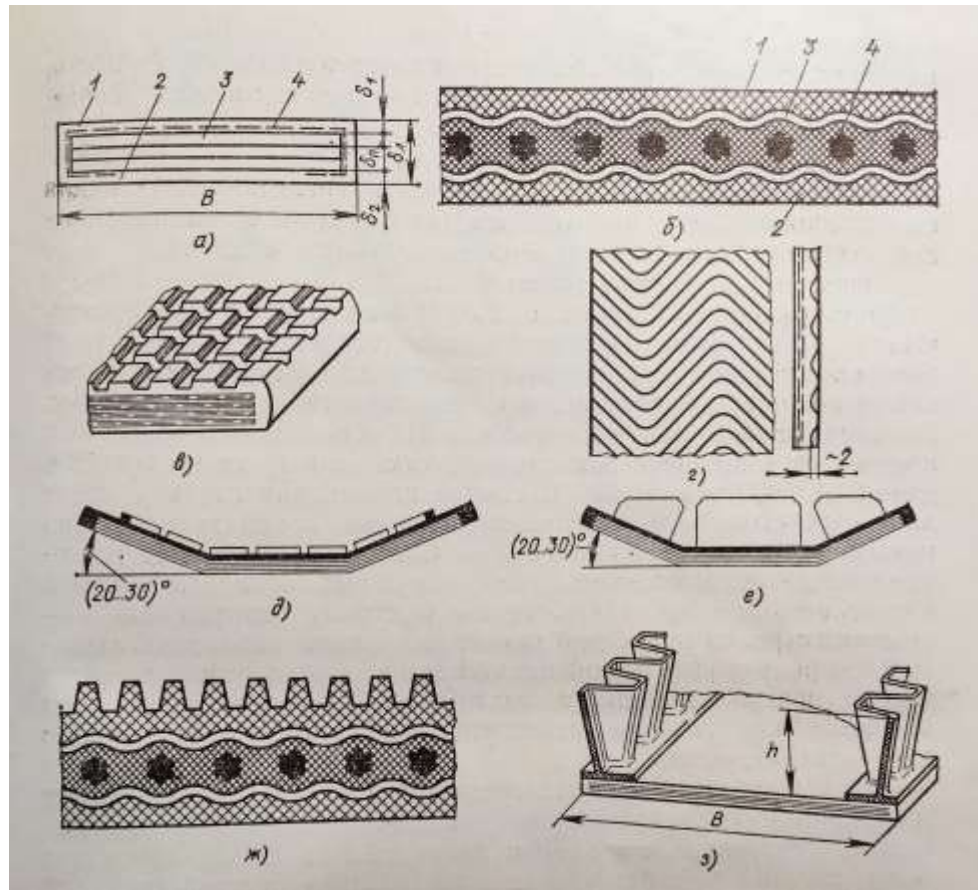


Рисунок 1.6 - Конвеєрні стрічки:

*a*- гумотканинна; *б* - гумотросова; *в*- з прямокутною насічкою; *г*- з хвилеподібними низькими виступами; *д*- з низькими переривчастими фасонними виступами; *е*- з високими фасонними виступами; *ж* - з неперервними поздовжніми ребрами: *з*- з високими гофрованими борти

каркаса покривають брекерною тканиною 4, яка може бути загорнута на борти каркасу. Згори, знизу і з торців каркас покритий обкладками - шаром з гуми, що оберігає його від зовнішнього впливу. Верхня обкладка 1 стрічки, звернена до вантажу, називається робочою і має підвищену товщину  $b_1 \leq 10$  мм, яку вибирають, виходячи з властивостей транспортованого вантажу. Нижня неробоча поверхня стрічки, що не дотикається з вантажем і закрита шаром 2 гуми товщиною , що транспортується. - на робочій гілці конвеєра спирається на ролики і взаємо  $b_2 = 1...3,5$  мм, на робочій вітці конвеєра опирається на ролики і взаємодіє з з приводним і натяжним барабанами. У теплостійких



стрічок верхня сторона тягового каркаса під обкладкою має теплоізолюючий шар азбесту.

Гумотросові стрічки (рис. 1.6 б) складаються з гумометалевого сердечника - одного ряду сталевих дротяних канатиків (тросів) та зовнішніх гумових обкладок. Для забезпечення каркасності застосовують кілька тканинних прокладок. Ці стрічки мають високу міцність. Їх використовують у підйомних конвеєрах та в конвеєрах з горизонтальними трасами великої довжини до 5000 м і більше. У разі застосування стрічки з менш міцними поліефірно-бавовняними прокладками довжина конвеєра може досягати 400 м. Синтетичні стрічки вологостійкі, але при пошкодженні зовнішніх обкладок тяговий каркас виявляється схильним до швидкого руйнування. Тому завжди необхідно постійно спостерігати за станом зовнішніх гумових обкладок, що захищають тяговий каркас від впливу навколишнього середовища. Виявлені поріз і пориви обкладок треба негайно закласти гумовою сумішшю і завулканізувати.

Висока вартість конвеєрних стрічок обумовлює особливі вимоги до конструкції елементів конвеєрів, що безпосередньо взаємодіють зі стрічкою і впливають на її довговічність: до завантажувальних та перевантажувальних пристроїв, пристроїв для очищення стрічки, роликів опор, приводних, натяжних і відхиляючих барабанів, тощо. Тип каркасу, матеріал і число прокладок повинні відповідати умовам роботи і розрахунковому натягу, а ширина стрічки - потрібній продуктивності.

Конвеєрні стрічки вибирають за стандартом залежно від умов роботи та властивостей вантажу. Стрічки загального призначення застосовують за обмеження температури навколишнього середовища або вантажу від -45 до +60 °С. Спеціальні стрічки розраховані на особливі умови експлуатації; до них відносяться стрічки теплостійкі (+100 °С), підвищеної теплостійкості (+150 °С), морозостійкі (-60 °С), важкозаймисті (вогнестійкі), харчові (для продуктів харчування), маслостійкі, магнітом'які, що притягуються до

магніту, та магнітотверді, здатні до намагнічування. Спеціальні стрічки виготовляють із спеціальних сортів гуми. Вони набагато дорожчі за стрічки загального призначення.

Для тягових прокладок стрічок застосовують різні за товщиною та міцністю  $k_p$  на розрив 1 мм ширини тканини. Стрічки типу 1 мають міцність на розрив  $k_p = 200, 300$  і  $400$  Н/мм; типу 2 -  $55, 100, 200$  і  $300$  Н/мм; типів 3 та 4 -  $55$  та  $100$  Н/мм.

Ширину стрічки типів 1, 2 і 3, а також число прокладок  $i_n$  призначають згідно зі стандартом ГОСТ 20-85 на стрічки і ГОСТ 22644-77 на стрічкові конвеєри за наступними рекомендаціями: при  $B = 300, 400$  і  $500$  мм  $i_n = 2, 5$ ; при  $B = 650$  мм  $i_n = 2 \dots 6$ ; при  $B = 800, 1000$  та  $1200$  мм  $i_n = 3 \dots 6$ ; при  $B = 1400$  мм  $i_n = 4 \dots 6$ ; при  $B = 1600, 2000, 2500$  та  $3000$  мм  $i_n = 5 \dots 6$ .

До спеціальних стрічок відносять також стрічки з негладкою робочою поверхнею, що відрізняється підвищеним зчепленням з вантажем і забезпечує збільшення кута нахилу конвеєра. Існує безліч різновидів негладких стрічок з ідентичним стрічок загального призначення тяговим каркасом. Для штучних вантажів зручна стрічка з прямокутною насічкою податливими (рис. 1.6, в) або хвилеподібними (рис. 1.6, г) виступами, що добре утримують за ребра або кути ящики та подібні до них штучні вантажі. Для сипких неліпких вантажів можна застосовувати стрічки з дрібними (рис. 1.6, д) та глибокими (рис. 1.6, е) фасонними виступами (перегородками). При використанні стрічок з насічкою і перегородками, що виступають, необхідно дотримуватися умов вільного руху її робочої сторони на підтримуючих опорах нижньої гілки конвеєра. При транспортуванні сипких вантажів має бути передбачене очищення негладкої робочої поверхні стрічки.

Конвеєрні стрічки є складними композиційними структурами, що складаються з кількох елементів, що значно відрізняються один від одного за своїми властивостями. Зібрані з цих елементів в єдине ціле стрічки відносяться до пружно-в'язких анізотропних тіл з нелінійними властивостями, що змінюються по довжині, ширині і товщині, що залежать від характеру,

значення, напряму та часу дії навантажень, а також інших факторів. Тільки в першому наближенні вважається, що стрічка підпорядковується закону Гука. На властивості стрічки впливають недосконалість технології виготовлення і якість використовуваних матеріалів.

Одним з найважливіших параметрів стрічки є її згинальна жорсткість, що характеризує здатність набувати форми жолоба на опорі і зберігати цю форму в проміжку між опорами без помітної зміни (викладення). Жорсткість стрічки загального призначення залежить від кількості прокладок; зі збільшенням вона зростає і призводить до погіршення вписування стрічки в жолобчасту опору. Число прокладок у стрічці і не повинно перевищувати шести.

Основні параметри конвеєрних стрічок наведено у табл. 2.1.

Роликові опори відносяться до основних елементів стрічкового конвеєра[13,6]. Від їх роботи багато в чому залежать термін роботи стрічки, енергоємність та якість конвеєра. До роликкоопор і насамперед до роликів пред'являють високі вимоги. Вони повинні бути зручними при встановленні та експлуатації, недорогими та довговічними, мати малий опір обертанню та забезпечувати необхідну стійкість та жолобчатість стрічки.

Для робочої вітки стрічки при транспортуванні сипких вантажів застосовують багатороликові опори, а при переміщенні штучних вантажів - так звані прямі опори, що складаються з одного ролика (рис. 1.7,а). Найбільшого поширення набули трироликові опори (рис. 1.7,к). Двороликові опори (рис. 1.7, б) застосовують у пересувних конвеєрах легкого типу, а п'ятироликові (рис. 1.7,в) - у конвеєрах із стрічками великої ширини. При використанні п'ятироликових опор збільшується глибина жолоба, покращується вписуваність стрічки між роликами через зменшення відносних кутів перегину. Оскільки п'ятироликові опори мають майже в 2 рази більше підшипників (у порівнянні з трироликовими), умови експлуатації конвеєрів з цими опорами ускладнюються.

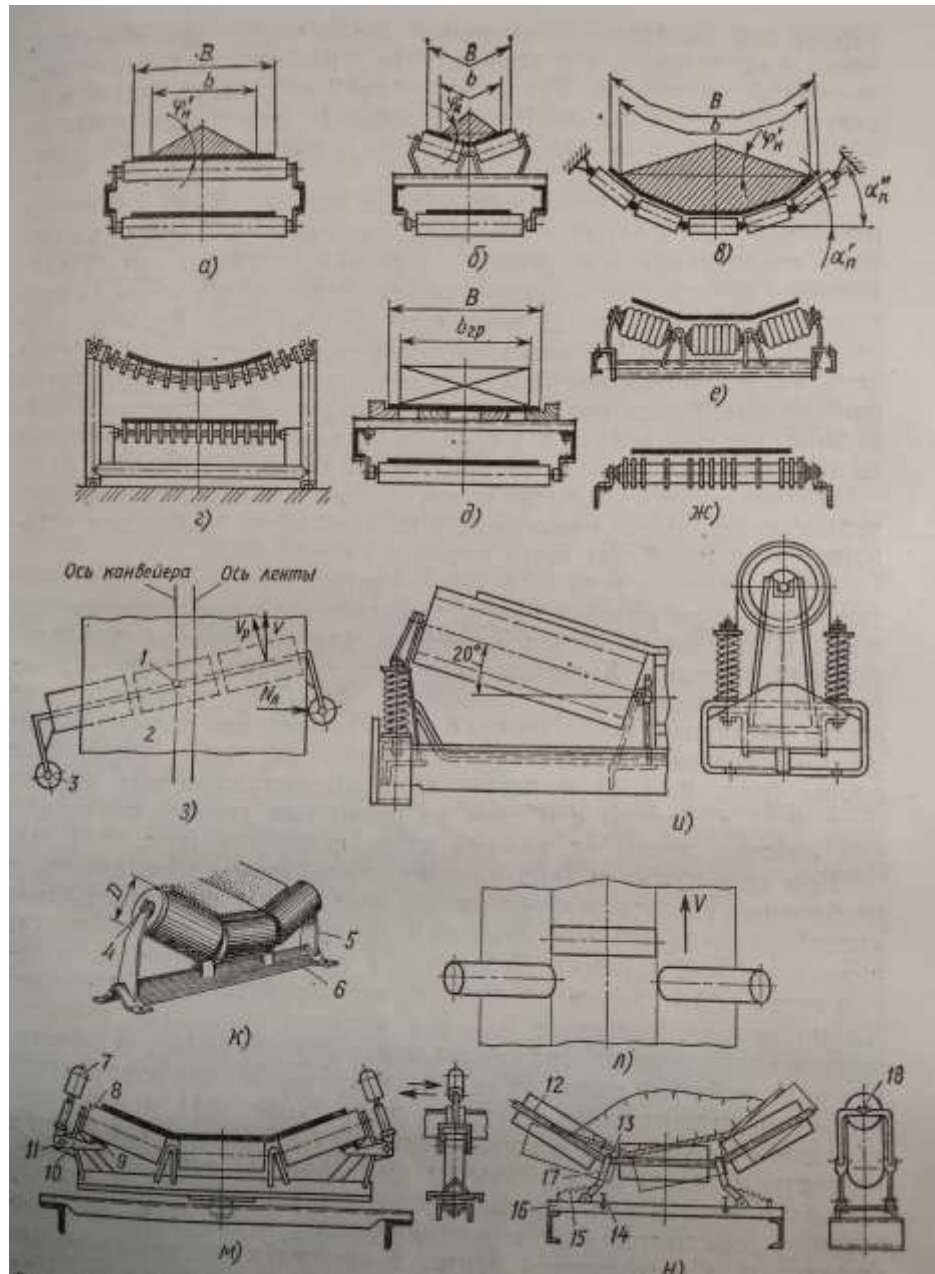


Рисунок 1.7 - Опори стрічкових конвеєрів: *а* – однороликова; *б* – дворولیкова; *в* - п'ятироликова; *г* - з гнучкою віссю; *д*- ковзанням по настилу; *е* - з роликми, футерованими гумовими кільцями; *ж*-з гумовими дисками на роликми; *з* - центрувальна; *и* - з підресорюванням; *к*- трироликова з роликми в одній площині; *л*- з винесеним горизонтальним роликми (схема у плані); *м* - центрувальна при реверсивному русі стрічки; *н* – самовстановлювальна з симетричним жолобом.

Гнучкий каркас сучасних стрічок з порівняно невисокою поперечною жорсткістю дозволяє застосовувати трироликові опори з

підвищеним кутом нахилу бічних роликів = 30 і 36°, завдяки чому суттєво збільшуються площа поперечного перерізу шару вантажу на стрічці та продуктивність конвеєра. Нижня гілка стрічки переважно має однороликові опори, і лише конвеєрів із широкими стрічками можливе застосування дворолікових опор.

У конвеєрах загального призначення використовують роликові опори із жорстким кріпленням осей (рис. 1.7, а, б). У гірничодобувній промисловості часто застосовують конвеєри з підвісними опорами, які прикріплюють до натягнутих вздовж рами сталевих дротяних канатів. Податливість підвісних опор у поздовжньому напрямку знижує динамічні навантаження при наїзді на ролики великих шматків вантажу. Конструкція підвісних опор складна, а їх шарніри схильні до втрати рухливості. Опір руху стрічки на цих опорах вищий, ніж на опорах з жорсткими осями. Аналогічні недоліки властиві підвісним опорам із гнучкою віссю із сталевого каната (рис. 1.7, г).

#### 1.4. Мета і завдання роботи

**Мета роботи** полягає в дослідженні параметрів роботи стрічкового конвеєра та їх оптимізації з метою підвищення продуктивності роботи транспортера.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати основні параметри роботи транспортера, такі як види і конструкція стрічок, роликоопор, продуктивність транспортера;
- розробити математичну модель і комп'ютерну програму для встановлення залежності площі перерізу вантажу на стрічці конвеєра в залежності від кута нахилу роликоопор  $\beta'$  і кута природного відкосу  $f$ .

- побудувати графіки і розрахувати оптимальні значення кута нахилу роликоопор і кута природного відкосу для забезпечення максимальної площі перерізу вантажу..

- розробити заходи з охорони праці;

- оцінити економічний ефект від оптимізації параметрів транспортера.

**Об'єктом досліджень** є стрічковий транспортер для переміщення сипучих сільськогосподарських вантажів

**Предметом досліджень** є встановлення залежності площі перерізу вантажу на стрічці конвеєра від кута нахилу роликоопор і кута природного відкосу матеріалу для основних типів роликоопор, а також залежність довжини роликів від ширини стрічки.

## 2. ПАРАМЕТРИ ПРОДУКТИВНОСТІ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

### 2.1. Загальна теорія машин неперервного транспорту

Вихідними даними для розрахунку стрічкового конвеєра, які задаються замовником в технічному завданні на проектування, є:

1) розрахункова продуктивність конвеєра  $V$  (м<sup>3</sup>/год) або  $Q$  (т/год, т/зм, т/рік). Якщо продуктивність носить нерівномірний імовірнісний характер, як наприклад, при безбункерному завантаженні насипного вантажу, то слід вказувати вантажопотік, що надходить, і його основні статистичні розрахункові характеристики;

2) схема траси конвеєра із зазначенням усіх її основних розмірів (рис. 1.1): максимальна довжина, кут нахилу (висота підйому), довжина окремих спряжених прямолінійних і криволінійних ділянок тощо.

3) фізико-механічна характеристика транспортованого вантажу: насипна щільність (об'ємна маса), кути природного укосу в спокої та русі, найбільший розмір характерних кусків і вказівки про гранулометричний склад (рядовий, сортований) та відсотковий вміст великих фракцій, вологість вантажу, абразивність, налипання та коефіцієнти тертя;

4) режим роботи конвеєра: кількість годин роботи на добу, чистий машинний час роботи, кількість днів роботи на рік тощо;

б) характер встановлення та умови роботи, наприклад, похилий, пересувний, передавальний, відвальний у кар'єрі;

5) стаціонарний, збірний, на відкритій поверхні; стаціонарний у приміщенні складу тощо. Особливі умови (вологість, запилення, вибухонебезпечність тощо); температура навколишнього середовища та межі її коливання;

б) способи подачі та розвантаження вантажу.

До розрахункових нормативів відносяться: допустимі кути нахилу конвеєра до горизонту (див. табл. 2.1); мінімальна ширина стрічки в залежності від крупності шматків вантажу, що транспортується; допустимі запаси міцності стрічок; кількість прокладок залежно від ширини стрічки; максимально допустима стрілка провісу стрічки в мінімальній точці натягу вантажної вітки та інш. [20].

Так, наприклад, діаметри роликів слід вибирати з наступного ряду, встановленого стандартом:  $D_p = 89; (90); 108; (127), 133; 159; 194$  мм.

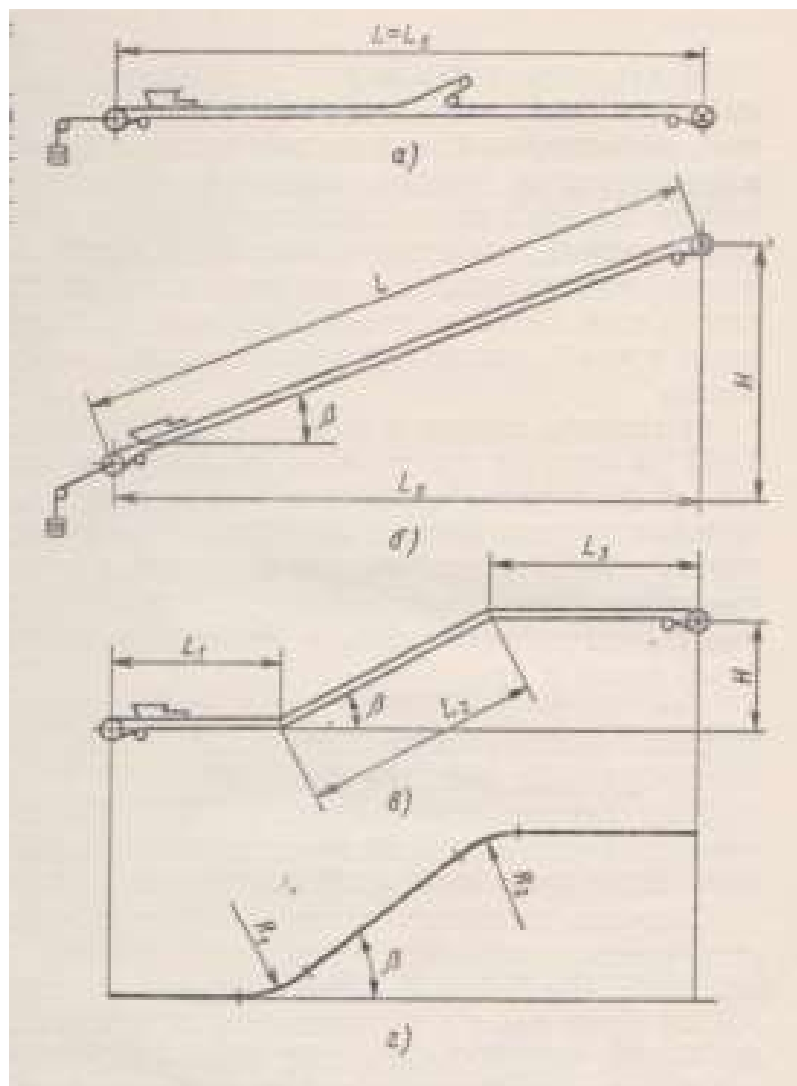


Рисунок 2.1 - Схеми трас конвеєрів: а - горизонтальний конвеєр зі скидним візком; б - похилий прямолінійний конвеєр; в - конвеєр з ламаною трасою; г - криволінійні ділянки конвеєра



Конвеєрні стрічки згідно з стандартом виготовляються гумотехнічними підприємствами шириною  $B=400;500;650;800 ;1000; 1200; 1400; 1600; (1800); 2000; (2250) ;2500 (2750) ;3000$  мм.

Швидкість руху стрічки слід вибирати із нормального ряду рекомендованих чисел  $R 10: v = 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8$  м/с.

Номинальний діаметр (без футерування) приводних і неприводних барабанів за стандартом  $D_6=315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1400; 1600$  та 2000 мм.

Потужність приводних двигунів слід вибирати з наступного ряду:  $N = 30, 40, 55, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000$  кВт.

Для проектування кар'єрних стрічкових конвеєрів рекомендується (з допустимими відхиленнями  $\pm 10\%$ ) наступний нормальний ряд продуктивності:  $V = 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16\ 000$  м<sup>3</sup>/год.

Стандарт встановлює нормативи на терміни служби: роликів без ремонту щонайменше 3 років; стаціонарних та котучих конвеєрів - 8 років та пересувних для кар'єрів 4 роки. Коефіцієнт готовності конвеєра має бути не менше 0,96 для стаціонарних та котучих конвеєрів і не менше 0,90 - пересувних для кар'єрів.

Стандарт встановлює також нормативи на довжини барабанів та роликів, допустиме радіальне биття барабанів та роликів.

Усі зазначені нормативи необхідно враховувати під час розрахунку та виборі конструктивних та силових параметрів конвеєрів.

Під час розрахунку та виборі параметрів конвеєрів для конкретних умов слід розрізняти теоретичну, технічну та експлуатаційну продуктивності.

*Теоретичною продуктивністю* або прийнятною здатністю конвеєра називають максимальну продуктивність за найбільшого допустимого заповнення вантажем рухомої стрічки.

*Технічна продуктивність* відповідає номінальному режиму роботи конвеєра. Її встановлюють з урахуванням параметрів міцності стрічки і потужності приводу, і вона є паспортною продуктивністю, тобто продуктивністю, за якої робочі параметри конвеєра відповідають зазначеним в заводській характеристиці конвеєра. Технічна продуктивність менша від теоретичної.

*Експлуатаційну продуктивність* визначають, виходячи з фактичного вантажопотоку, що надходить на конвеєр, з урахуванням неминучих перерв у роботі з технічних та організаційних причин. Її можна уявити як розрахункову величину умовно рівномірного вантажопотоку, еквівалентну фактичному нерівномірному вантажопотоку, що надходить на конвеєр.

Продуктивність машин безперервного транспорту визначається добутком погонного навантаження ( $q$  в кг/м - при сипучому вантажі,  $q_o$  в л/м - при транспортуванні в ківшах, судинах тощо і  $q_{ш}$  в кг/м при штучних вантажах) на швидкість переміщення матеріалу  $v$  в м/сек. Отже, секундна продуктивність відповідно буде:  $q v$  кг/сек,  $q_o v$  в л/сек і  $q_{ш} v$  в кг/сек. Годинна продуктивність для сипучого вантажу буде:

$$Q = (3600 / 1000) q v = 3,6 q v \text{ т/год.} \quad (2.1)$$

При русі вантажу безперервним потоком з поперечним перерізом струменя  $F$  м<sup>2</sup> при насипній вазі  $\gamma$  кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнті наповнення  $\psi$  погонне навантаження

$$q = F \psi \gamma \text{ кг/м.}$$

Тоді остаточно отримаємо:

$$Q = 3,6 F \psi \gamma v \text{ т/год.} \quad (2.2)$$

При переміщенні вантажу в окремих ємностях об'ємом  $i_o$  в літрах при коефіцієнті наповнення їх  $\psi$  і відстані між ними  $a$  в метрах будемо мати:

$$q_0 = \psi i_0 / a \text{ л/м};$$

тоді об'ємна продуктивність складе:

$$Q_0 = 3600 \nu \psi i_0 / a \text{ л/год}, \quad (2.3)$$

а вагова продуктивність при  $\gamma$  кг/м<sup>3</sup>:

$$Q_0 = 3,6 \nu \psi \gamma i_0 / a \text{ т/год}. \quad (2.4)$$

При транспортуванні штучних вантажів вагою  $G$  в кг і відстанню між ними  $a$  в м:

$$q_{\text{шт}} = G / a$$

тоді

$$Q_{\text{шт}} = 3,6 G / a \text{ т/год}. \quad (2.5)$$

При необхідності визначення продуктивності кількістю штук вантажів, що переміщуються за годину, можна скористатися співвідношенням:

$$z = 3600 / t_{\text{ш}} \quad (2.6)$$

де  $t_{\text{ш}} = a / \nu$  - час в секундах проходження вантажем відстані  $a$  в метрах між вантажами.

Тоді:

$$z = 3600 \nu / a \text{ шт}. \quad (2.7)$$

Вирішуючи спільно рівняння (2.5) і (2.7), отримаємо вагову продуктивність, виражену через  $z$  і  $G$ :

$$Q_z = z G / 1000 \text{ т/год}. \quad (2.8)$$

У виразах (2.2), (2.3) і (2.4) визначено теоретичну (розрахункову) продуктивність; насправді вона буде трохи меншою залежно від нерівномірності подачі вантажу, роботи транспортер під кутом тощо.

Приймаючи  $k$  - коефіцієнт зменшення продуктивності, одержимо середню продуктивність:

$$Q_{\text{ср}} = Q/k = Q_0 /k = Q_{\text{ш}} /k. \quad (2.9)$$

## 2.2. Розрахункова продуктивність конвеєра

Теоретичну годинну продуктивність можна виміряти в м<sup>3</sup>/год:

$$V = 3600F v \quad (2.10)$$

або в т/год:

$$Q = V \gamma = 3600F v \gamma. \quad (2.11)$$

Відповідно приймальна здатність, тобто хвилинна продуктивність, рівні

$$V' = 60F v, \text{ м}^3/\text{хв}; \quad (2.12)$$

$$Q' = 60F v \gamma, \text{ м}^3/\text{хв}; \quad (2.13)$$

Площа поперечного перерізу  $F$  (м<sup>2</sup>) насипного вантажу на стрічці залежить від наступних факторів: типу роликкоопори - для плоскої або жолобчастої стрічки; кутів нахилу бічних роликів та співвідношення довжин роликів для лоткової стрічки; від ширини стрічки та ширини займаного на ній насипного

вантажу (робочої ширини стрічки); від характеристики насипного вантажу - кута природного укосу на стрічці, що рухається, і гранулометричного складу; від кута нахилу конвеєра. Крім того, дійсна площа поперечного перерізу насипного вантажу на стрічці залежить від способу подачі вантажу на стрічку. Дуже важливо правильно визначити площу перерізу вантажу на стрічці і тим самим розрахункову продуктивність стрічкового конвеєра, оскільки ці дані дають можливість вибрати оптимальні ширину стрічки, швидкість її руху та звести до мінімуму економічні втрати.

*Робоча ширина стрічки.* До цього часу немає єдиних методів визначення робочої ширини стрічки та форми верхньої частини вантажу, розташованого понад лотком. Для визначення робочої ширини стрічки (в м) залежно від її повної ширини найбільш часто вживають наступні співвідношення:

$$b=0,9B-0,05 \text{ м}; \quad (2.14)$$

$$b = 0,8B. \quad (2.15)$$

Досвід експлуатації стрічкових конвеєрів як в Україні, так і за кордоном показує, що за основу може бути прийнято значення робочої ширини стрічки за формулами (2.14 -2.15). Це відповідає також рекомендаціям ЕУ. Більша величина  $b$  недоцільна, оскільки це веде до підвищеного просипання вантажу зі стрічки.

Для визначення площі  $F$  поперечного перерізу вантажу, розташованого понад лотком на стрічці, існують різні розрахункові норми. Так, наприклад, у Україні, ФРН, Франції її приймають у вигляді рівнобедреного трикутника з кутами при основі, рівними кутам природного укосу насипного вантажу в русі.

Деякі проектні організації приймають кути при основі рівними  $f = 0,35 f_0$  або  $f = 0,5 f_0$ , де  $f_0$  - кут природного відкосу вантажу в спокої. У нормалях ряду фірм застосовується форма верхньої частини насипного вантажу у вигляді сегменту круга. Ряд проектних інститутів як в Україні, а також деякі зарубіжні фірми форму верхньої частини вантажу на стрічці рекомендують приймати у вигляді параболічного сегмента, причому іноді слід враховувати залежність кута

природного відкосу насипного вантажу від прискорення вертикальних вібрацій, що виникають під час його руху стрічкою. Кут між дотичною до параболи і основою приймають рівним куту природного відкосу.

Порівняльні розрахунки продуктивності при зміні ширини стрічки від 300 до 2000 мм показали, що для всіх найбільш поширених вантажів із середнім розміром фракцій та середнім кутом природного відкосу різниця між результатами розрахунків може досягати 15-20%.

Численними експериментальними дослідженнями підтверджено, що форма верхньої частини насипного вантажу має вигляд, близький до параболічного сегменту з кутом при основі, що дорівнює куту природного відкосу насипного вантажу  $f_0$ . Однак для зручності розрахунку продуктивності рекомендується форму верхньої параболічної частини умовно приймати у вигляді трикутника з такими кутами при основі, при яких площі цих частин будуть рівними.

Якщо верхня частина має параболічну форму, то кут при основі рівновеликого їй трикутника дорівнює приблизно  $2/3$  кута при основі параболічного сегмента. Якщо додатково врахувати такі обмежувальні фактори, як виположування стрічки між ролюкооперами, можливість просипання вантажу через погане центрування стрічки та недосконалий спосіб завантаження, то розрахунковий кут рівновеликого трикутника потрібно зменшити до  $f = (0,5 \dots 0,55) f_0$ .

У табл. 2.1 наведено густини, кути природного укосу у спокої  $f_0$  та русі  $f'$  для різних видів сільськогосподарських вантажів. Значення кутів природного відкосу, наведені у табл. 2.1 є середніми, від яких можливі відхилення в залежності від конкретних умов експлуатації: характеру завантаження, швидкості руху стрічки, ступеня вологості та гранулометричного складу вантажу та ін.

Таблиця 2.1 - Основні характеристики деяких с.-г. вантажів

№№ п/п	Назва вантажув	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Кут природного відкосу $\varphi_0^o$ в спокої	Коефіцієнт тертя спокою $f_0$		
				по сталі	по дереву	по гумі
1	2	3	4	5	6	7
1.	Горох	800...820	25	0,25	0,27	0,36
2.	Кукурудза	700...750	35	0,58	0,62	0,66
3.	Гречка	600...690	45	0,53	0,57	0,60
4.	Мука	450...640	57	0,65	0,70	0,75
5.	Овес	400...500	35	0,58	0,68	0,75
6.	Висівки	180...440	38	0,31	0,35	0,50
7.	Просо	750...850	29	0,40	0,42	0,46
8.	Пшениця	700...830	35	0,50	0,54	0,57
9.	Соняшник	420...450	45	0,51	0,54	0,58
10.	Жито	680...790	35	0,58	0,62	0,66
11.	Рис	600...900	45	0,53	0,56	0,60
12.	Ячмінь	650...750	35	0,58	0,62	0,66
13.	Картопля	650...750	35	0,51	0,55	0,58
14.	Буряк	470...700	35	0,50	0,54	0,57
15.	Сіно, солома	60...120	-	0,25...0,33	-	-
16.	Силос	600...800	-	0,48	0,53	0,74
17.	Гній	600...800	-	-	-	-
18.	Торф	300...500	39...46	0,51...0,75	-	-

## Висновки

Розглянуто параметри, за якими визначається теоретична , технічна і експлуатаційна продуктивність стрічкового конвеєра. Праналізовано вирази, за якими визначається теоретична продуктивність конвеєрів при транспортуванні вантажів безперервним потоком (насипних) і штучних.

Розглянуто конструкції найбільш поширених транспортерних стрічок та роликоопор.

Встановлено різні розрахункові норми для визначення площі  $F$  поперечного перерізу вантажу, розташованого понад лотком на стрічці.



### 3.МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ СТРІЧКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

#### 3.1. Розрахунок площі поперечного перетину вантажу на стрічці

Основні типи роликоопор (за кількістю роликів і кутів їх нахилу:

а) жорсткі однороликова (рис. 3.1, а); двороликова з  $\beta' = 15^\circ$  і  $20^\circ$  (рис. 3.1, б); трироликова з  $\beta' = 20, 30, 36$  і  $45^\circ$  (рис. 3.1, в); п'ятироликова з  $\beta' = 45^\circ$  і  $\beta' = 22,5^\circ$  або з  $\beta_1' = 54^\circ$  і  $\beta_2' = 18^\circ$  (рис. 3.1, г);

б) підвісні однороликові з гнучкою віссю; багатороликова (багатодискова) (рис. 3.1, д); шарнірні: двороликова, трироликова, п'ятироликова.

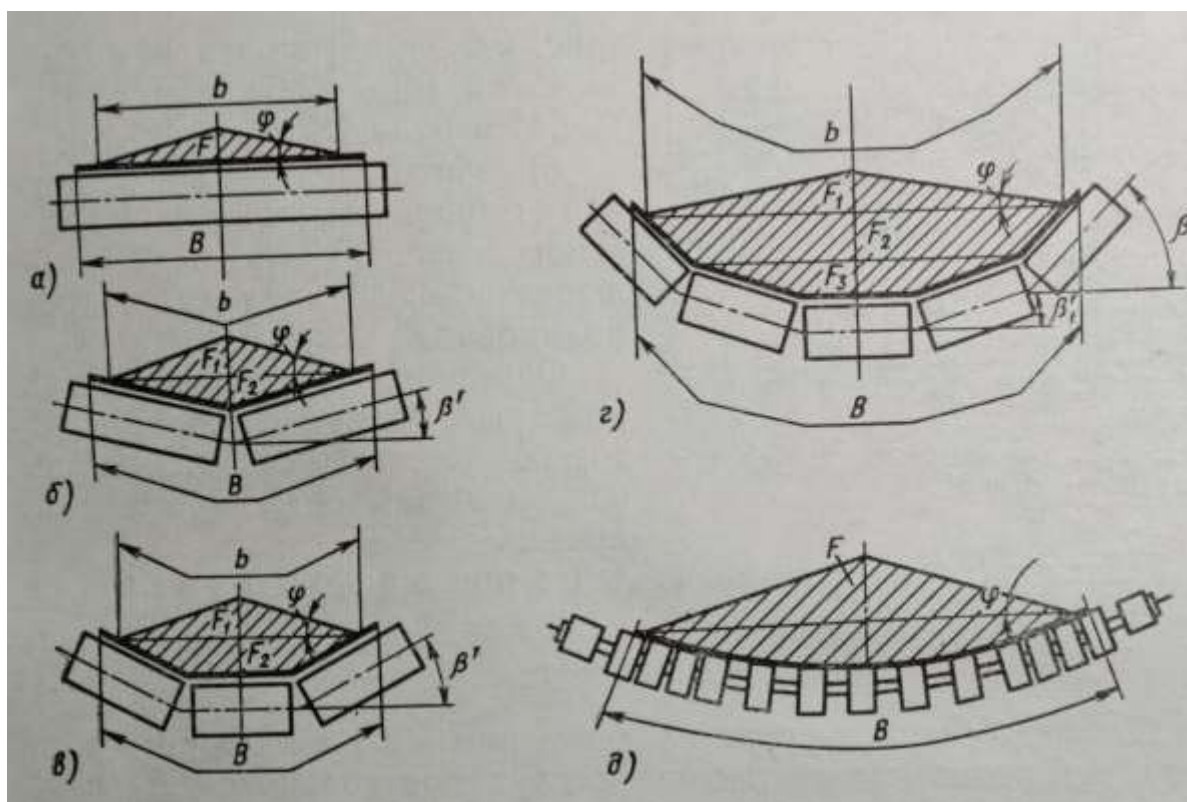
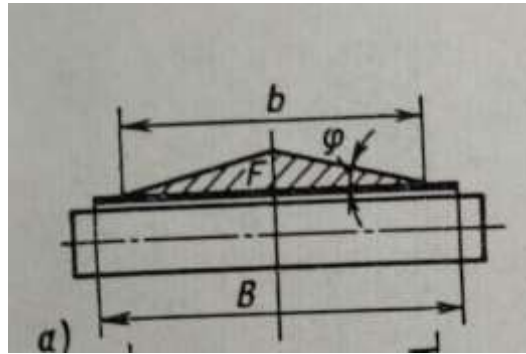


Рисунок 3.1– Основні типи роликоопор

Визначимо геометричні параметри роликоопор, за яких досягається максимальна площа перерізу вантажу на стрічці.

#### ОДНОРОЛИКОВА ОПОРА

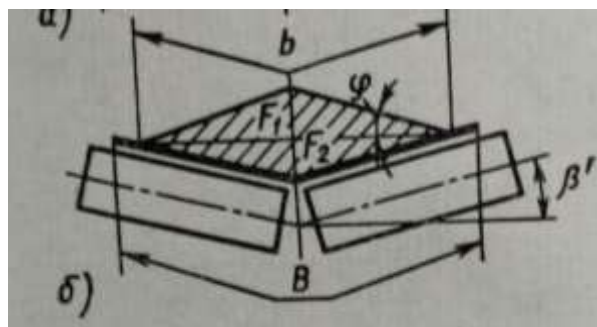
Площа перерізу вантажу на стрічці при однороликовій опорі



$$F = 0,25 b^2 \operatorname{tg} f. \quad (2.4)$$

### ДВОРОЛИКОВА ОПОРА

Площа перерізу вантажу на стрічці при двороликовій опорі дорівнює сумі площ двох трикутників  $F_1$  і  $F_2$  (див. рис. 3.1, б):



$$F = F_1 + F_2 = (b^2 / 4) (\cos^2 \beta' \operatorname{tg} f + \sin 2 \beta' / 2) = (b^2 / 4) K_2. \quad (2.5)$$

В цій формулі

$$K_2 = \cos^2 \beta' \operatorname{tg} f + \sin 2 \beta' / 2. \quad (2.6)$$

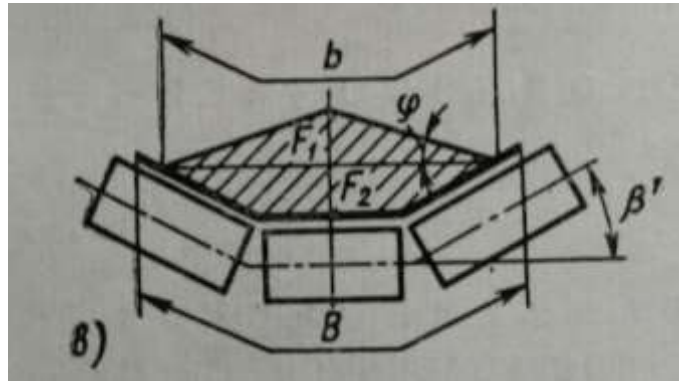
Безрозмірний коефіцієнт  $K_2$  є функцією змінних кутів  $\beta'$  і  $f$ .

Очевидно, що  $F$  має максимум при максимальному значенні  $K_2$ , тобто при  $dK_2/d\beta' = 0$ . Прирівнявши похідну виразу (2.5) по  $\beta'$  до нуля, отримуємо співвідношення

$$\beta'_{\text{опт}} = (\pi - 2 f) / 4. \quad (2.7)$$

### ТРИРОЛИКОВА ОПОРА

Площа перерізу вантажу на стрічці при трироликовій опорі



дорівнює сумі площ трапеції та трикутника  $F_1$  і  $F_2$ :

$$F = F_1 + F_2 = (b^2 / 4) \{ (\cos \beta' + \theta(1 - \cos \beta'))^2 (\operatorname{tg} f + \operatorname{tg} \beta') - \theta^2 \operatorname{tg} \beta' \} = (b^2 / 4) K_3 \quad (2.8)$$

де  $\theta = l_p / b$ ;  $l_p$  - довжина ролика, мм;  $b$  - робоча ширина стрічки, мм.

В цій формулі

$$K_3 = \{ (\cos \beta' + \theta(1 - \cos \beta'))^2 (\operatorname{tg} f + \operatorname{tg} \beta') - \theta^2 \operatorname{tg} \beta' \} \quad (2.9)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $K_3$  є функцією змінних  $f$ ,  $\beta'$  і  $\theta$ . Якщо прийняти дві перші змінні як параметри, постійні в певній області, то  $K_3$  буде максимальним при  $dK_3/d\theta = 0$ . Таким чином можна визначити значення  $\theta$ , за якого досягається максимальний коефіцієнт перерізу  $K_3$ .

### 3.2. Результати розрахунку

Застосування ЕОМ має дуже великі перспективи у трьох широких самостійних напрямках: у наукових дослідженнях, розрахунках та проектуванні та в управлінні окремими машинами та їх комплексами в процесі експлуатації.

У наукових дослідженнях широко використовують аналогові машини для машинного моделювання, обробки експериментальних даних із одержанням кінцевих результатів; дослідження та розв'язання складних рівнянь, особливо для невстановлених (пускових) процесів.

Застосування ЕОМ забезпечує можливість вирішення низки складних завдань. Велике значення має виконання на ЕОМ різних варіантів тягових розрахунків конвеєрів для вибору найбільш оптимального варіанта типу машини та її елементів. Для стрічкових конвеєрів - це порівняльні розрахунки з вибору типу стрічки, приводу (однобарабанного, банного, багатобарабанного, декількох проміжних); для підвісних, ковшових та візкових конвеєрів - розрахунки за вибором оптимального розташування приводу, визначення максимальних натягів в режимах переривчастого завантаження складної просторової траси; для багатопровідних конвеєрів - визначення динамічних навантажень та багато інших розрахунків.

На ЕОМ виконують складні допоміжні розрахунки окремих параметрів конвеєрів, наприклад розмірів перехідних радіальних (параболічних) ділянок стрічкових конвеєрів, вертикальних перегинів шляху тощо.

Застосування ЕОМ різко знижує трудомісткість виконання складних розрахунків та забезпечує в мінімально короткі терміни можливість порівняльного аналізу та вибору оптимального варіанта рішень.

У сучасних умовах набуває поширення використання ЕОМ для комплексного проектування конвеєрів (стрічкових, підвісних) шляхом машинного набору типових елементів конструкцій з видачею всіх необхідних проектних документів (специфікації обладнання, відомості навантажень на будівельні частини, переліку закладних елементів тощо) на основі закладання в машину відповідно підготовленого технічного завдання.

Машинне проектування конвеєрів з типових конструкцій має широкі перспективи і дозволяє виконати в короткі терміни великий обсяг проектних робіт з максимальною уніфікацією рішень. Природно, для організації машинного проектування на ЕОМ необхідно провести велику роботу з типизації елементів конструкції конвеєрів.

### *Двороликова опора*

З використанням електронних таблиць EXCEL розроблено програму і розраховано значення безрозмірних коефіцієнтів  $K_2$  для визначення площі перетину вантажу на стрічці.

Фрагмент програми для розрахунку коефіцієнта  $K_2$  за формулою (2.6) для окремого випадку (кут природного відкосу  $f=15^\circ$ ) зображено на рис.3.2., зведений графік – на рис. 3.3.

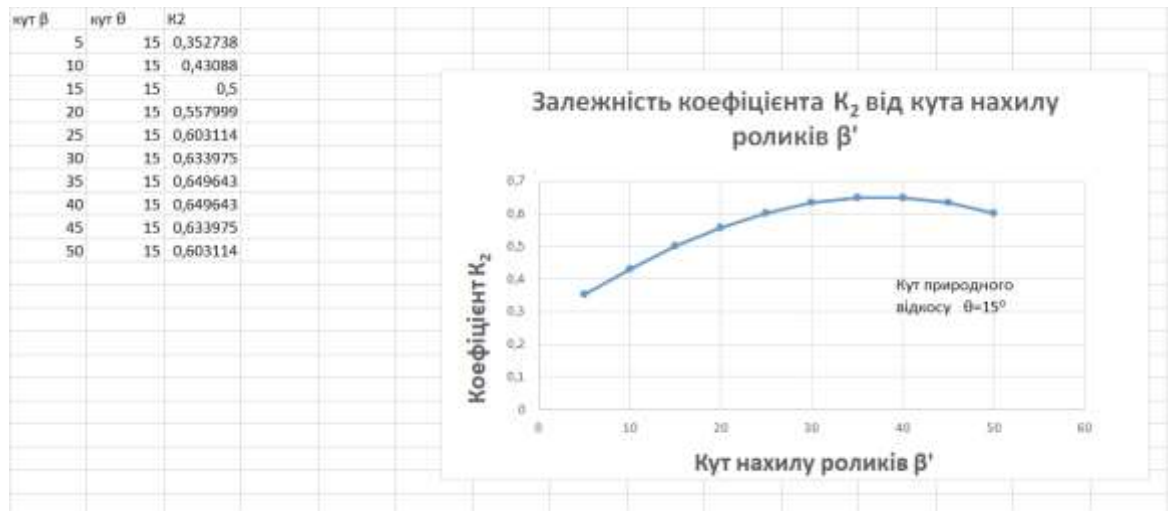


Рисунок 3.2 – Графік залежності коефіцієнта  $K_2$  від кутів  $f$  і  $\beta'$   
(для кута природного відкосу  $15^\circ$ )

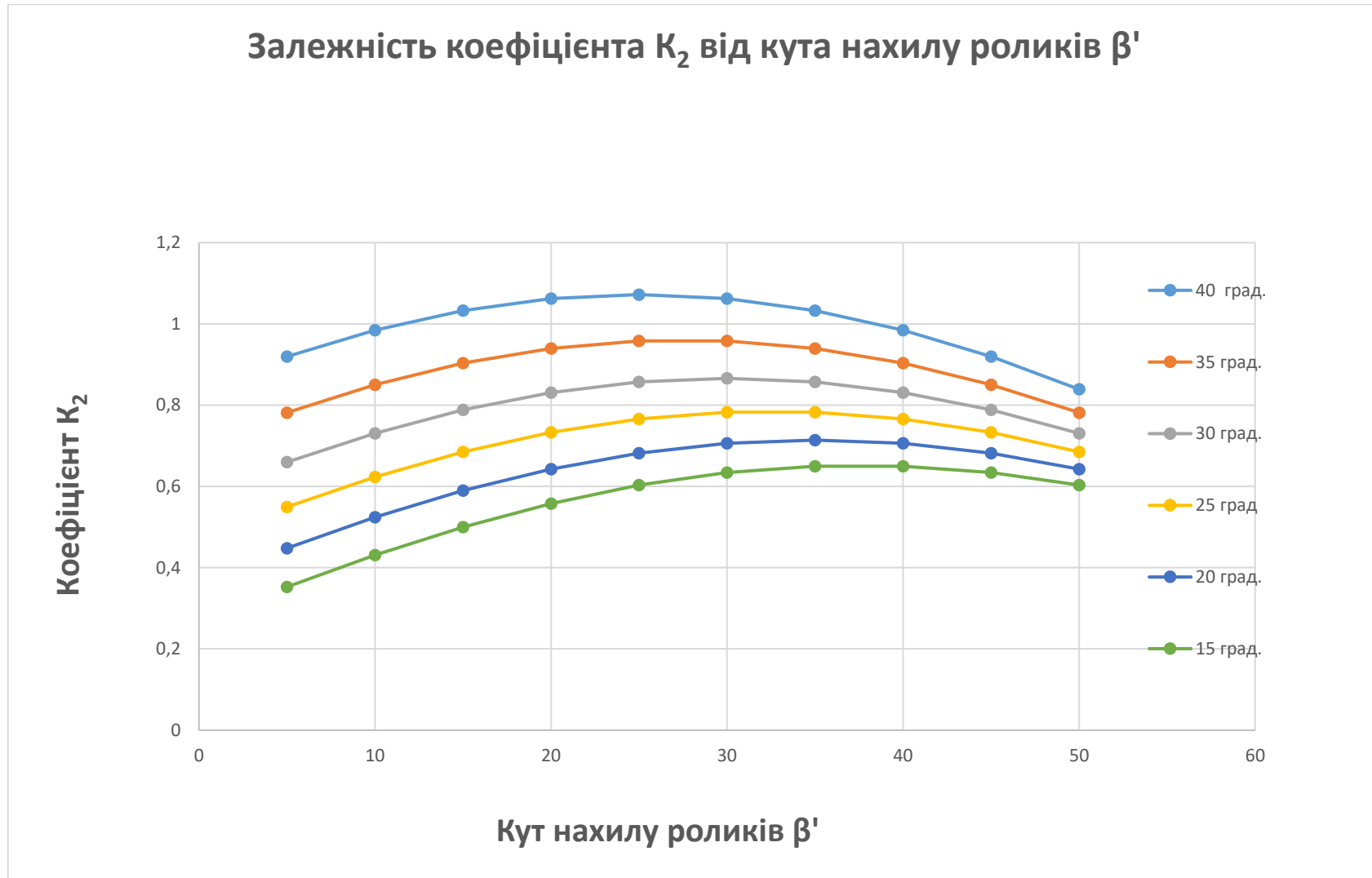


Рисунок 3.3 – Зведений графік залежності коефіцієнта  $K_2$  від кутів  $f$  і  $\beta'$

На рис. 3.3 наведено графіки залежності  $K_2$  від кутів  $f$  і  $\beta'$ , на яких зазначені відповідні максимальні значення  $K_2$ . Так, наприклад, максимальна площа перерізу вантажу при куті природного відкосу  $f = 20^\circ$  виходить при куті нахилу роликів  $\beta' = 37^\circ$ . При визначенні максимальної площі перерізу необхідно враховувати такий важливий фактор, як поперечна гнучкість стрічки. Максимально допустимі кути вигину, при яких термін служби стрічки зменшується незначно, становлять для існуючих бельтингових стрічок близько  $30^\circ$ , тобто при  $\beta' = 15^\circ$ . Площа перерізу при цьому обчислюють за формулою

$$F_6 = (0,233 \operatorname{tg} f + 0,62) b^2.$$

Для широких ( $\geq 1600$  мм) синтетичних і гумотросових стрічок допустимі кути вигину можуть бути прийняті  $36-40^\circ$ . У цьому випадку  $\beta' = 18 \dots 20^\circ$  і площа перерізу

$$F_c = (0,22 \operatorname{tg} f + 0,081) b^2.$$

Максимально можлива площа перерізу при  $f = 15^\circ$  і  $\beta' = 37^\circ$  дорівнює

$$F_{\max} = (0,16 \operatorname{tg} f + 0,231) b^2.$$

Таким чином, при  $f = 15^\circ$ , отримаємо

$$F_{\max} / F_6 = 2,2 \text{ та } F_{\max} / F_c = 1,96$$

Отже, можна зробити висновок, що в даний час використовується приблизно 50% максимально можливої продуктивності конвеєрів з двороликовими опорами. Для стрічок з підвищеною поперечною гнучкістю можна було б приймати кут  $\beta' = 30 \dots 40^\circ$ .

### ***Трироликівна опора***

Характер зміни коефіцієнта  $K_3$ , обчислений за формулою (2.9), залежно від кута нахилу бокових роликів і для різних кутів природного відкосу вантажу  $f$  показаний на рис. 3.4 -3.6.

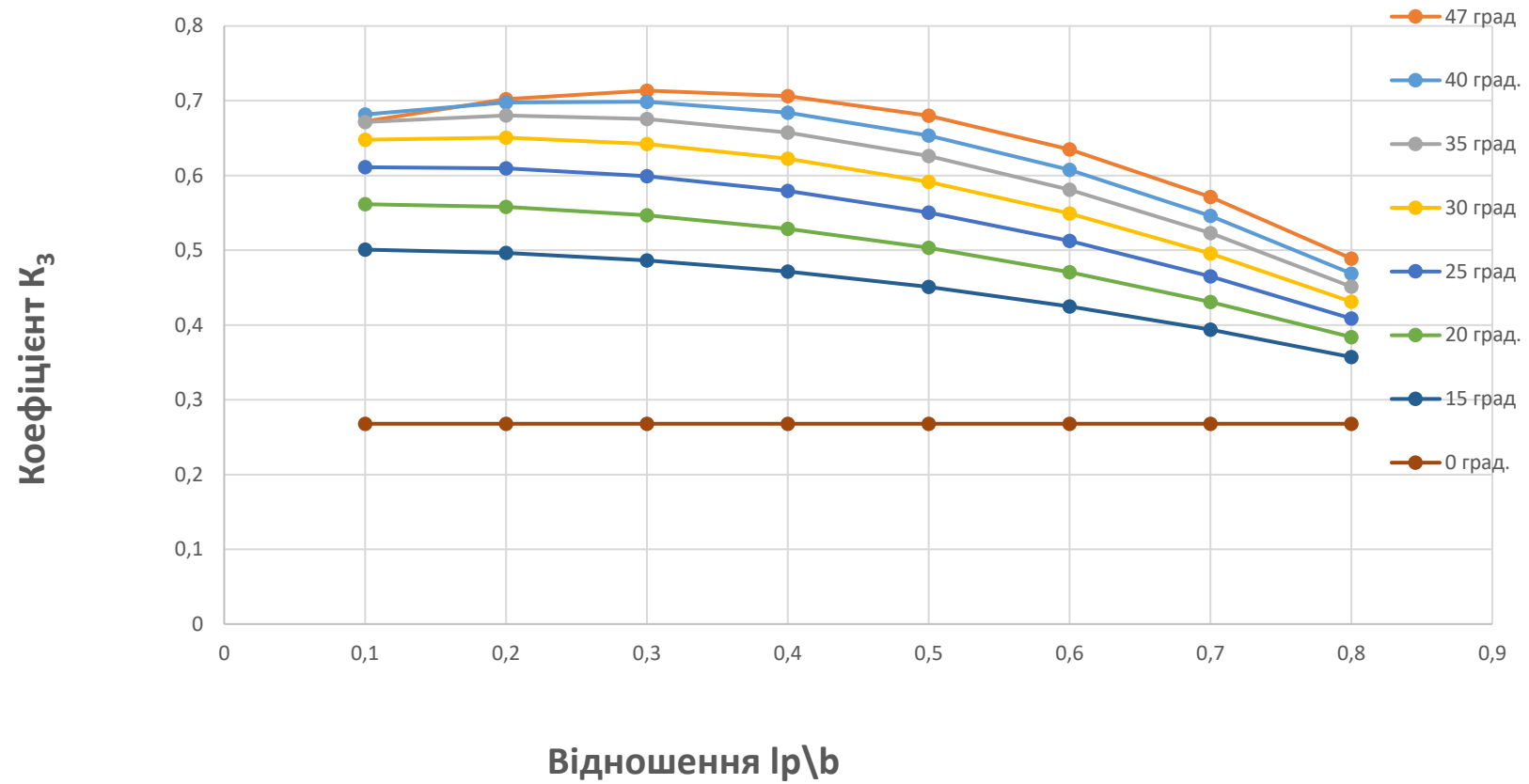
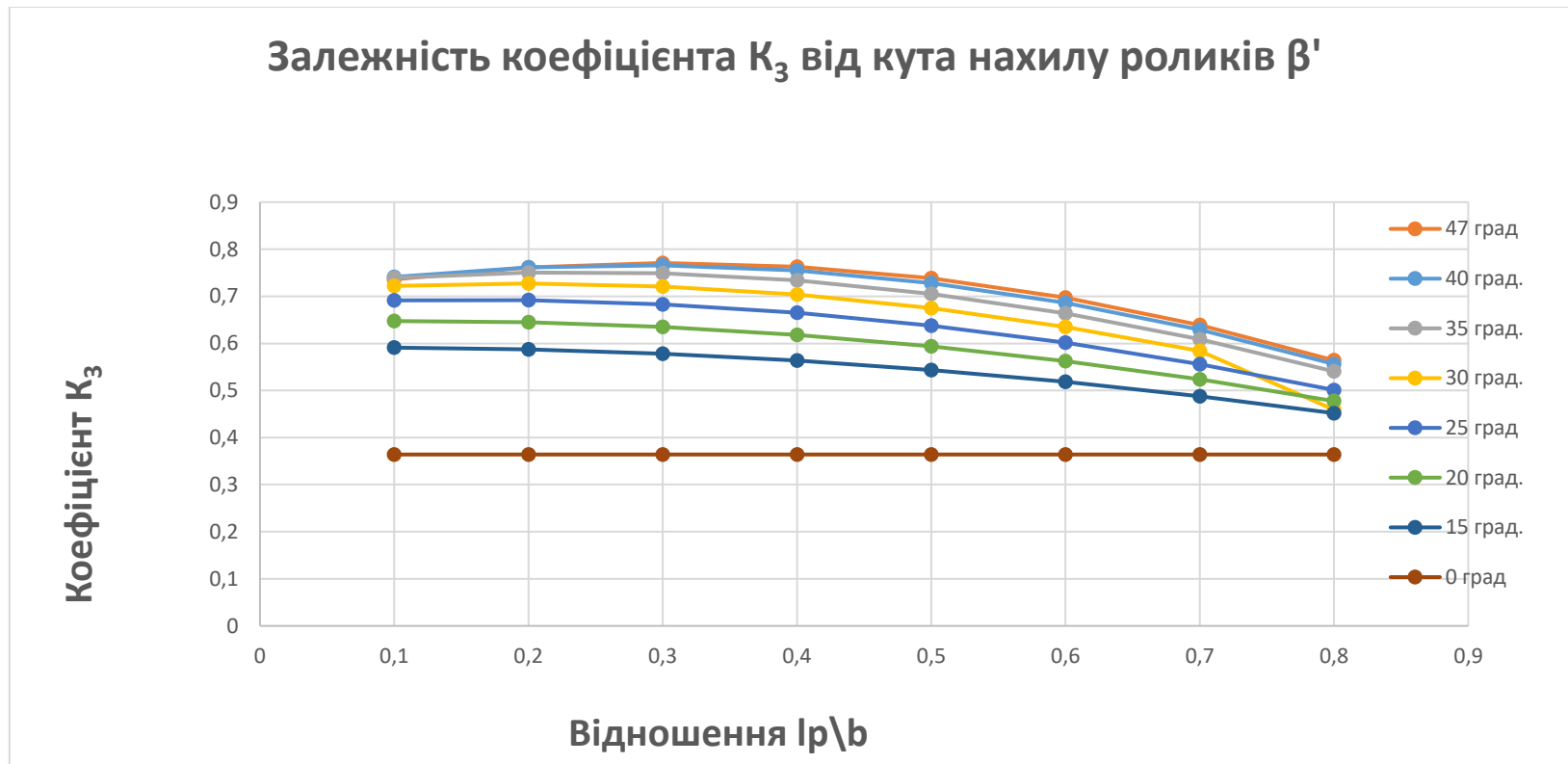
Залежність коефіцієнта  $K_3$  від кута нахилу роликів  $\beta'$ 



Рисунок 3.4 – Графік залежності коефіцієнта  $K_3$  від  $f$ ,  $\beta'$  і  $\theta$  при  $f=15$  град.Рисунок 3.5 – Графік залежності коефіцієнта  $K_3$  від  $f$ ,  $\beta'$  і  $\theta$  при  $f=20$ град.

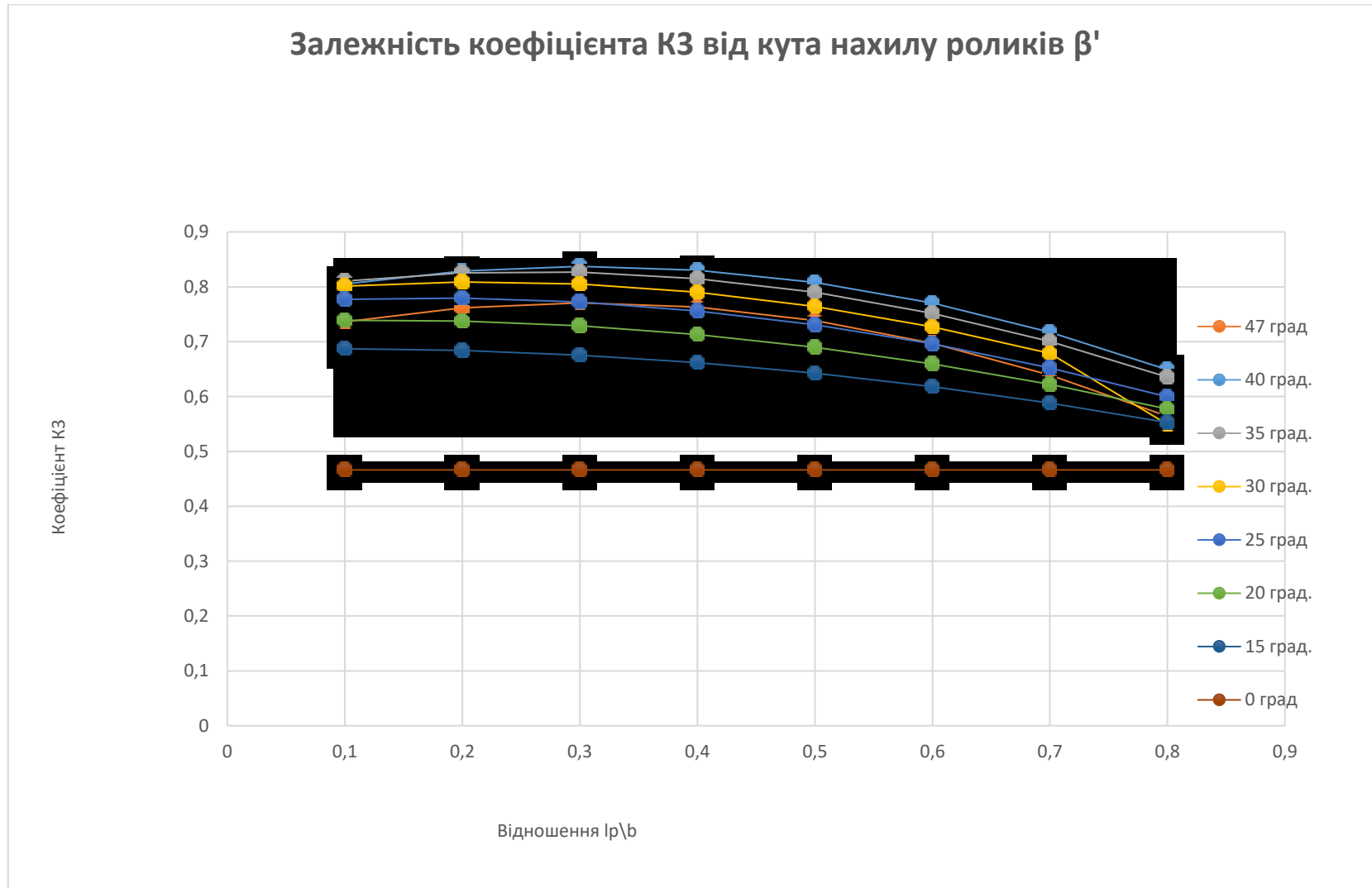


Рисунок 3.6 – Графік залежності коефіцієнта  $K_3$  від  $f$ ,  $\beta'$  і  $\theta$  при  $f=25$ град

Значення оптимальної довжини  $l_{opt}$  середніх роликів, що відповідають максимальній площі перерізу вантажу при існуючих кутах нахилу бічних роликів, виходячи з даних, отриманих на рис. 3.4-3.6, наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1- Залежність довжини роликів від ширини стрічки (мм)

Довжина ролика	Ширина стрічки, В									
	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$l_p$	160	200	250	300	370	440	500	580	650	720
$l_{opt}$ ( $\beta'=20^\circ$ )	42	53	64	86	100	120	150	173	187	216
$l_{opt}$ ( $\beta'=36^\circ$ )	70	90	120	150	190	225	270	310	350	390

У цій же таблиці наведено значення довжини  $l_p$  середніх роликів, що приймаються на практиці. Найбільший переріз вантажу досягається при середньому ролику, що має меншу довжину, ніж бічні.

### Висновки

1. Розроблена математична модель і комп'ютерна програма уможливили встановити залежність безрозмірних коефіцієнтів для визначення площі перерізу вантажу на стрічці конвеєра в залежності від кута нахилу роликкоопор  $\beta'$  і кута природного відкосу  $f$ .

2. Для двороликової опори максимальна площа перерізу вантажу при куті природного відкосу  $f = 20^\circ$  забезпечується при куті нахилу роликів  $\beta' = 37^\circ$ .

Площа перерізу для бельтингових стрічок обчислюють за формулою

$$F_6 = (0,233 \operatorname{tg} f + 0,62) b^2.$$

Максимально можлива площа перерізу при  $f = 15^\circ$  і  $\beta' = 37^\circ$  дорівнює

$$F_{\max} = (0,16 \operatorname{tg} f + 0,231) b^2.$$

Для синтетичних і гумотросових стрічок

$$F_c = (0,22 \operatorname{tg} f + 0,081) b^2.$$

3. Порівняння максимально можливої площі перерізу (для  $\beta' = 37^\circ$ ) з максимальними площами (для  $\beta' = 15^\circ$ ) для бельтингових і синтетичних стрічок дозволяє зробити висновок, що в даний час використовується приблизно 50% максимально можливої продуктивності конвеєрів з двороликовими опорами. Для стрічок з підвищеною поперечною гнучкістю можна було б приймати кут  $\beta' = 30 \dots 40^\circ$ .

4. Для *трироlikової опори* встановлено значення безрозмірного коефіцієнта  $K_3$  в функції від кута природного відкосу  $f$ , нахилу роlikоопор  $\beta'$  і параметру  $\theta = l_p / b$ ; де  $l_p$  - довжина ролика, мм;  $b$  – робоча ширина стрічки. Визначено максимальні значення цього коефіцієнта, а також значення оптимальної довжини  $l_{opt}$  середніх роликів, що відповідають максимальній площі перерізу вантажу при існуючих кутах нахилу бічних роликів,

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

### 4.1. Обґрунтування чинників травмонебезпечних ситуацій

У процесі трудової діяльності людина (суб'єкт праці за допомогою певних знарядь (машини, інструмент, пристрої) діє на предмет праці в умовах існуючого середовища. Залежно від характеру праці на людину можуть впливати різні середовища: механічні, хімічні, теплові, електричні електромагнітні, радіаційні, біологічні та інші. Організм людини здатний переносити без наслідків такі дії лише якщо вони не перевищують певних рівнів і тривалості. За межами цих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму, яке при досягненні певного ступеня кваліфікується як нещасний випадок, травма.

Безпосереднім джерелом таких пошкоджень може бути будь-який з компонентів праці.

Пошкодження організму можуть виникати внаслідок як безпосередніх контактних дій (механічного, хімічного, електричного) , так і дистанційних (світлового, теплового) одразу після дії або через певний проміжок часу (наприклад, після радіоактивного опромінення).

Серед різних факторів виробництва, які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі й небезпечні виробничі фактори.

Небезпечний виробничий фактор – це такий, дія якого на працюючого у певних умовах призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

Будь-який шкідливий або небезпечний виробничий фактор може діяти на людину лише при певних умовах. Це поняття має надзвичайно важливе значення при вивченні й дослідженні механізмів дії таких факторів на людину та їх наслідків.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори відповідно до стандарту поділяють на групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

До фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини, механізми та окремі деталі; вироби, заготовки, матеріали; конструкції, що можуть руйнуватися; ґрунти, що обвалюються; запыленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена або понижена температура матеріалів та поверхонь обладнання, повітря робочої зони; високі рівні шуму та вібрації на робочому місці; підвищений або понижений барометричний тиск або його різка зміна; підвищені або понижені вологість, рухомість та іонізація повітря; підвищені рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні, напруга в електричній мережі при наявності умов проходження струму через тіло людини тощо[4].

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать: пестициди, мінеральні добрива, кислоти, луги та інші хімічні реактиви; хімічні кормові добавки; де-зінфекційні засоби; лікувальні препарати та інші хімічні речовини.

До біологічно небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності; мікроорганізми (рослини і тварини), отруйні комахи, змії, дикі і свійські тварини.

Психофізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії на людей поділяють на фізичні та нервово-психічні перевантаження. Фізичні перевантаження бувають статичні і динамічні, а нервово-психічні — розумові, перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні (стреси).

Той чи інший виробничий фактор (шкідливий чи небезпечний) за межами певного рівня (значення, концентрації) може не спричиняти негативних наслідків. У зв'язку з цим для таких факторів встановлений відповідний гранично допустимий рівень.

Гранично допустимий рівень виробничого фактора — це дія встановленої тривалості, яка протягом усього трудового стажу не призводить до травми, захворювання або відхилень у стані здоров'я в процесі роботи або у віддалені строки життя сучасного і наступних поколінь.

Виробнича небезпека — стан виробництва (умови праці, стан обладнання, робочого місця тощо), при якому існує можливість (ймовірність) дії небезпечного виробничого фактора з пошкодженням здоров'я (або загибелі) людини.

Поняття «виробнича небезпека» трактується лише відносно пошкодження здоров'я людей. Інші небезпеки матимуть різні визначення: пожежна небезпека, радіаційна небезпека, небезпека вибуху, небезпека руйнування (аварія) тощо.

Нещасний випадок на виробництві — випадок дії на працюючого небезпечного виробничого фактора при виконанні ним трудових обов'язків або завдання керівника робіт.

У науковій літературі наводиться інше визначення. Нещасний випадок — це несподіване ненавмисне пошкодження людини, що перешкоджає нормальному продовженню його діяльності та виникає внаслідок дії небезпечного виробничого фактора.

Травма — це пошкодження анатомічної цілості організму будь-яким небезпечним виробничим фактором.

Травматизм — сукупність травм, які повторюються у тих чи інших контингентів населення відповідно до побутових, виробничих, спортивних та інших обставин. Залежно від того, за яких обставин виникають травми у людей, розрізняють травматизм виробничий, побутовий, спортивний тощо.

#### 4.2. Умови і обставини виникнення надзвичайних ситуацій та їх наслідки

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення, то її можна вважати постійною. Якщо в процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного фактора, його переміщень у просторі, то вона буде вмінною.

Небезпечна зона (ГОСТ 12.0.002—80) — це простір, у якому можлива дія на працівника небезпечного і (або) шкідливого виробничого фактора.

Постійні небезпечні зони існують або виникають у ланцюгових, пасових та шестеренних передачах, при обробці деталей на токарних, свердлильних, круглопилних та заточувальних верстатах, біля різальних інструментів, робочих органів багатьох сільськогосподарських машин.

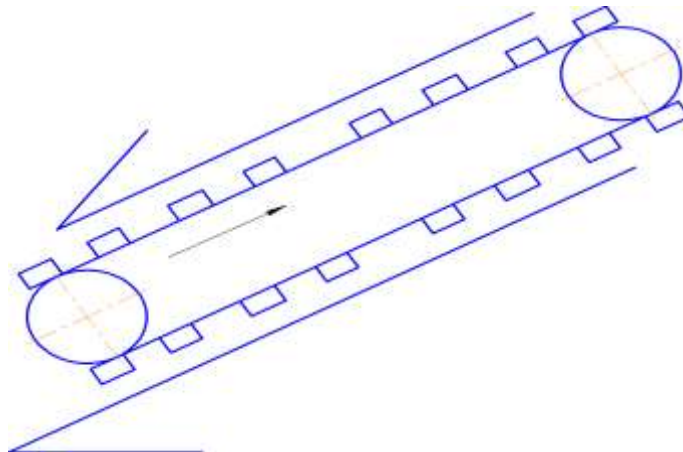


Рис. 4.1. Небезпечна зона біля транспортера.

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначимо) як небезпечну.

Небезпечна дія — це така дія оператора (працюючого), яка суперечить (не відповідає) науково обґрунтованим нормам професійної



поведінки при виконанні конкретного виробничого завдання. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації споруд і будівель тощо.

Небезпечні умови можуть визначатися недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання і процесів, низьким рівнем організації виробництва (неефективність або відсутність необхідного контролю, низькі професійний рівень працюючих, підготовка їх з охорони праці), недостатньою надійністю виробничого обладнання тощо. Вони відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек — певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі праці; (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону (відсутність огорожень небезпечної зони і сигналізації про наближення до небезпечної зони, неправильна організація робочого місця та інші);
- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обгрунтовані режими роботи технологічного обладнання та інші);
- призводять до виникнення небезпечних дій (низькі рівні професійної підготовки працюючого й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та інші).

Оскільки при функціонуванні людино машинних систем такі явища, як травми, аварії та катастрофи мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому описуватися ці явища будуть паралельно (рис. 4.2.)

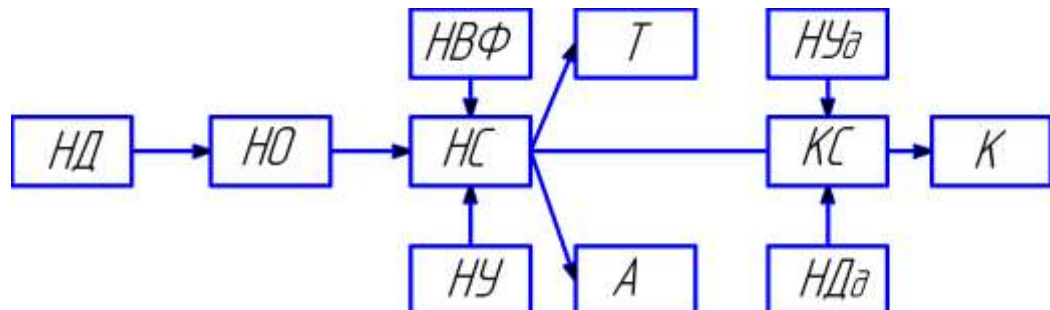


Рис. 4.2.Блок-схема процесу формування та виникнення аварійних та катастрофічних ситуацій: НВФ — небезпечний виробничий факторі НУ— небезпечні умови; НД — небезпечні дії; НО — небезпечні обставини; НС — небезпечна ситуація; А - аварія; Т — травма; КС — критична ситуація; НУ — небезпечні умови додаткові; НД —небезпечні дії додаткові; К — катастрофа.

Досвід показує, що глибоке розуміння процесів формування і виникнення небезпечних, аварійних та інших ситуацій має важливе значення для розробки запобіжних заходів.

Таблиця 4.1. - Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час транспортування матеріалів.

Вид робіт, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
1.Транспортування гравію.	Під час транспортування механізм зміни кута нахилу транспортера знаходиться в незафіксованому положенні НУ.	Робітник знехтував правилами безпечної експлуатації транспортера НД <sub>1</sub> . Робітники знаходяться в зоні дії транспортера НД <sub>2</sub>	Можливе перекидання транспортера НС <sub>1</sub> Падіння його на робітника НС <sub>2</sub>	Травма	Зафіксувати механізм зміни кута нахилу, чітко дотримуватись правил техніки безпеки та нормативних вимог
	<p style="text-align: center;">НД<sub>2</sub></p> <p style="text-align: center;">Модель процесу :                    НУ            НС<sub>1</sub>            НС<sub>2</sub>            Т</p> <p style="text-align: center;">НД</p>				
2.Монтаж транспортера	Болти, які з'єднують секції транспортера підібрані не згідно ГОСТу НУ <sub>1</sub> .Гравій, який транспортується має підвищену вологість і відповідно більшу питому вагу НУ <sub>2</sub> .Спрацьовані кріплення	Транспортер працює в максимально завантаженому режимі НД <sub>1</sub> .	Можливе руйнування (зріз) болтів НС <sub>1</sub> . Можливе руйнування транспортера і падіння його на працівника НС <sub>2</sub>	Травма  Аварія	Замінити зєднувальні болти та елементи кріплення секцій. Враховувати вагу вантажу і менш завантажувати транспортер.

	$HU_2$ Модель процесу: $HU_1$ $HC_1$ $HC_2$ Т    А $HU_3$ $HD_1$				
3. Транспорт-тування гравію.	Натяжний пристрій не забезпечує достатнього натягу стрічки $HU_1$ .	Стрічка пробуксовує на приводному барабані і в результаті стирається $HD_1$	Обривання стрічки $HC_1$ . Падіння вантажу $HC_2$ .	Аварія	Відрегулювати натяг стрічки, в разі необхідності замінити її.
	$HD_1$				
	Модель процесу $HU_1$ $HC_1$ $HC_2$ А				

#### 4.3. Моделювання процесів виникнення травмонебезпечних ситуацій під час транспортних робіт

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища .

Для того, щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-якого випадкового явища [21,22]. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

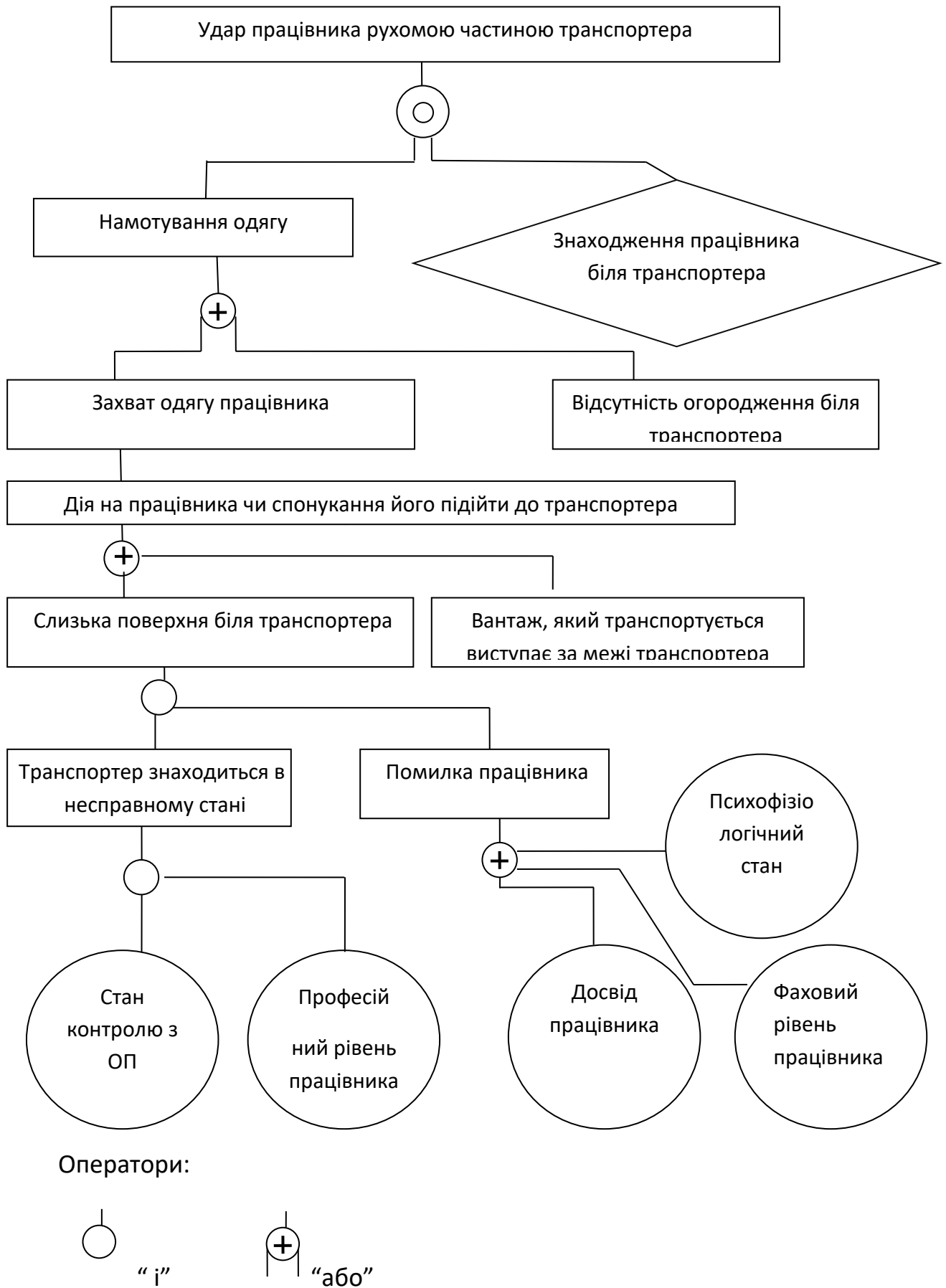


Рис. 4.1. Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час роботи транспортера

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  формують четверту подію  $P_4$ , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує  $n$  подій з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , ...,  $P_n$ . Тоді ймовірність вихідної події  $P$  буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність  $P_3$  буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$ , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людини – машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко – імітаційну модель процесу її формування:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,4 + 0,5 - 0,4 \cdot 0,5 = 0,7.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,35 + 0,2 - 0,35 \cdot 0,2 = 0,22.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,7 + 0,22 - 0,7 \cdot 0,22 + 0,7 \cdot 0,22 = 0,15.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,4 + 0,25 - 0,4 \cdot 0,25 = 0,25.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,35 + 0,25 - 0,35 \cdot 0,25 = 0,22.$$

$$\begin{aligned} P_{14} &= P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = \\ &= 0,25 + 0,22 - 0,25 \cdot 0,22 + 0,25 \cdot 0,22 = 0,05. \end{aligned}$$

$$P_{15} = P_7 + P_{14} - P_7 \cdot P_{14} = 0,15 + 0,05 - 0,15 \cdot 0,05 = 0,008.$$

Перш за все, проводячи технічне обслуговування слід, користуватися надійним інструментом, який оснащений надійною ізоляцією. Працівник повинен мати достатню групу допуску для усунення певних несправностей.

Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи електричного кабелю), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки буде наближатися до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого крана, а також поведінку оператора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.



#### 4.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для ефективного виконання завдань цивільного (ЦЗ) захисту реалізують систему заходів, а саме:

1. Оповіщення та інформування населення про загрозу чи виникнення надзвичайних (НС) ситуацій.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади повинні надавати населенню оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і території від НС техногенного і природного характеру, про виникнення НС, методи та способи захисту, про вжиті заходи щодо забезпечення захисту.

Оповіщення про загрозу виникнення НС і постійне інформування населення про перебіг подій і зміну обстановки здійснюють за допомогою завчасно створених загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем центрального оповіщення, систем оповіщення на об'єктах господарювання, локальних систем оповіщення в зонах можливого катастрофічного затоплення, у районах розміщення радіаційно- і хімічно небезпечних підприємств, інших об'єктів підвищеної небезпеки. У системі оповіщення використовують технічні засоби загальнодержавної і галузевих систем зв'язку, радіо- і телемереж та інших засобів передавання інформації.

2. Спостереження і лабораторний контроль передбачає збирання, опрацювання та передавання інформації про стан довкілля, забруднення продуктів харчування, харчової сировини, фуражу і води радіоактивними, хімічними речовинами або інфекційними мікроорганізмами. Для цього створюють і підтримують у постійній готовності загальнодержавну та територіальні мережі спостереження і лабораторного контролю.

3. Укриття населення у захисних спорудах у разі виникнення НС.

З цією метою створюють фонд захисних споруд через:

– освоєння підземного простору населених пунктів, пристосування і використання приміщень для укриття населення в НС;

– дообладнання з урахуванням вимог захисту підвальних та інших заглиблених приміщень, гірничих виробок і природних порожнин;

- будівництво окремих сховищ і протирадіаційних укриттів;
- будівництво в період загрози виникнення НС найпростіших сховищ та укриттів.

#### 4. Здійснення заходів з евакуації населення.

В умовах недостатнього забезпечення захисними спорудами в особливий період основним способом захисту населення міст, де розташовані небезпечні об'єкти, є його евакуація і розміщення у зонах, безпечних для проживання.

Для своєчасного та організованого (без паніки і загибелі людей) проведення евакуації здійснюють підготовку, планування та управління проведенням евакуації.

5. Інженерний захист території проводять з метою створення умов безпечного проживання населення на території з підвищеним техногенним навантаженням, він передбачає:

- забудову міст з урахуванням можливого виникнення НС;
- раціональне розміщення потенційно небезпечних об'єктів для забезпечення безпеки населення та довкілля у разі виникнення НС;
- будівництво споруд, будинків, інженерних мереж, транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки і надійності;
- будівництво протизсувних, протиповеневих, протиселевих, протилавинних та інших інженерних споруд.

6. Медичний захист населення – це заходи щодо запобігання або зменшення ступеня ураження населення, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в районах НС.

7. Психологічний захист – заходи попередження або зменшення ступеня негативного психологічного впливу на населення та своєчасне надання ефективної психологічної допомоги в умовах НС.

#### 8. Біологічний захист – захист від біологічного ураження через:

- своєчасне виявлення осередку біологічного зараження;
- уведення обмежувальних режимів (карантину та обсервації);

– екстренну профілактику і знезараження осередку.

9. Екологічний захист – це захист родовищ (газових, нафтових, вугільних, торфових) від пожеж, затоплень та обвалів; ліквідація лісових пожеж та буреломів, сніголамів, збереження лісових насаджень тощо.

10. Радіаційний і хімічний захист передбачає виявлення та оцінювання осередків радіаційного та хімічного забруднення, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення та запровадження типових режимів протирадіаційного захисту, забезпечення населення засобами індивідуального захисту, організацію та проведення спеціальної та санітарної обробки.

11. Захист населення від несприятливих побутових або нестандартних ситуацій – це виявлення та оцінювання таких ситуацій, надання допомоги населенню, проведення спеціальних аварійно-рятувальних робіт, розроблення типових рекомендацій щодо дій в умовах виникнення таких ситуацій.

12. Державна стандартизація з питань безпеки у НС, експертиза, нагляд і контроль, декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Стандартизація з питань безпеки має забезпечувати якість продукції (робіт, послуг) та матеріалів для життя і здоров'я людей, довкілля, безпеку об'єктів господарювання, ураховуючи ризик виникнення техногенних катастроф.

Державну експертизу проектів і рішень стосовно техногенної безпеки об'єктів, що можуть спричинити НС і вплинути на стан захисту населення і території від їх наслідків, проводять відповідно до закону.

Державний нагляд і контроль у сфері захисту організують і проводять для перевірки повноти і якості заходів щодо запобігання НС, забезпечення готовності органів управління, сил і засобів, посадових осіб до дій у разі виникнення НС.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

### 5.1. Визначення собівартості транспортування продукції

Метою техніко-економічної оцінки є визначення собівартості транспортування продукції, розрахунок річного прибутку та порівняльної оцінки.

Річна потреба в транспортуванні продукції :

$$G_{pk} = (G_1 + G_2)k_{pd} \quad (5.1)$$

де  $G_{pk}$  - річна потреба, т;

$G_{д1}$  - добова потреба першої зміни, т ;

$G_{д2}$  - добова потреба другої зміни, т ;

$k_{pd}$  - кількість днів роботи цеху за рік.

З усієї кількості транспортованої продукції готової 100 т, сухої продукції 400 т. Річне виробництво кожного виду продукції

$$G_1 = (G_{д1}) * k_{pd} \quad (5.2)$$

$G_{д1}$  - добове виробництво кожного виду продукції, т ;

$k_{pd}$  - кількість днів роботи цеху за рік.

$$G_{д1} = G_{г1} + G_{с1} \quad (5.3)$$

$$G_{д1} = 350 + 100 = 450 \text{ т}$$

Перша зміна :

а)Транспортування готової продукції

$$G_{г1} = 100 \times 250 = 25000 \text{ т}$$

б)Транспортування сухої продукції

$$G_{с1} = 400 \times 250 = 100000 \text{ т}$$

Друга зміна:

Транспортування готової продукції

$$G_{г2} = 400 \times 250 = 100000 \text{ т}$$

Експлуатаційні витрати на транспортування складаються із витрат на, зарплати, електроенергію та інші непередбачені витрати.

Оплата праці робітників визначається за формулою:

$$Z_{\Pi} = C * t_3 * t_{pз} * k_H * n_p \quad (5.4)$$

де  $Z_{\Pi}$  – оплата праці робітників, грн.;

$C$ - тарифна годинна ставка, грн.;

$t_3$  -тривалість зміни,год.;

$t_{pз}$  -кількість днів роботи цеху;

$k_H$ - коефіцієнт нарахувань на зарплату;

$n_p$  - кількість працівників.

$$Z_{\Pi 1} = 40 * 8 * 200 * 1,22 * 2 = 156160 \text{ грн}$$

$$Z_{\Pi 2} = 40 * 8 * 200 * 1,22 * 1 = 78080 \text{ грн}$$

Річна вартість спожитої електроенергії

$$E_p = W_p \times C_e \quad (5.5)$$

де  $E_p$ - річна вартість спожитої електроенергії;

$W_p$  –річне споживання електроенергії, кВт\*год;

$C_e$  -ціна 1 кВт\*год, грн.

$$E_{p1} = 6000 \times 5 = 30000 \text{ грн.}$$

$$E_{p2} = 11000 \times 5 = 55000 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на транспортування продукції

$$E_{в} = Z_{\Pi} + E_p + M \quad (5.6)$$

$$E_{в1} = 156160 + 30000 = 186160 \text{ грн}$$

$$E_{в2} = 78080 + 55000 + 6500 = 139580 \text{ грн}$$

## 5.2. Визначення затрат на удосконалення

Витрати на вдосконалення машини

$$M = C + P \quad (5.7)$$

$$M = 5500 + 1000 = 6500 \text{ грн}$$

де  $M$ – вартість вдосконалення машини;

$C$  – ціна закупленого обладнання

$P$  – вартість оплати праці

Рівень рентабельності за перший рік

$$P_p = \frac{G_p}{E_B} * 100 \quad (5.8)$$

$$P_p = \frac{56080}{4500000} = 0.012 \text{ тис. грн/т}$$

$$P_p = \frac{45740}{4500000} = 0,0010 \text{ тис. грн/т}$$

Рівень рентабельності наступного року

Експлуатаційні витрати на транспортування продукції

$$E_{B1} = 47680 + 8400 = 56080 \text{ грн}$$

$$E_{B2} = 23840 + 15400 = 39240 \text{ грн}$$

$$P_p = \frac{56080}{4500000} = 0.011 \text{ тис. грн/т}$$

$$P_p = \frac{39240}{4500000} = 0,008 \text{ тис. грн/т}$$

### 5.3. Визначення періоду окупності.

Добова окупність модернізації

$$\Pi = G_d \cdot P_p$$

$$\Pi_d = 450 \cdot 010 = 45 \text{ грн.}$$

Повний період окупності

$$\Pi = M / \Pi_d$$

$$\Pi = \frac{6500}{45} = 145 \text{ днів}$$

### Висновки

Отже вдосконалення є доцільним і принесе значну економію коштів. Собівартість транспортування складе у перший рік 10 грн за 1т транспортованої продукції, а наступного року зменшиться до 8 грн за 1т. В порівнянні з попереднім показником 12грн за 1 т. У перерахунку на річну економію це становитиме 27 000 грн. Потрібно зауважити, що із зростанням річної продуктивності підприємства рівень економії збільшуватиметься.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Розроблена математична модель і комп'ютерна програма уможливили встановити залежність безрозмірних коефіцієнтів для визначення площі перерізу вантажу на стрічці конвеєра в залежності від кута нахилу роликоопор  $\beta'$  і кута природного відкосу  $f$ .

2. Для *двороликової опори* максимальна площа перерізу вантажу при куті природного відкосу  $f = 20^\circ$  забезпечується при куті нахилу роликів  $\beta' = 37^\circ$ .

Площа перерізу для бельтингових стрічок обчислюють за формулою

$$F_6 = (0,233 \operatorname{tg} f + 0,62) b^2.$$

Максимально можлива площа перерізу при  $f = 15^\circ$  і  $\beta' = 37^\circ$  дорівнює

$$F_{\max} = (0,16 \operatorname{tg} f + 0,231) b^2.$$

Для синтетичних і гумотросових стрічок

$$F_c = (0,22 \operatorname{tg} f + 0,081) b^2.$$

3. Порівняння максимально можливої площі перерізу (для  $\beta' = 37^\circ$ ) з максимальними площами (для  $\beta' = 15^\circ$ ) для бельтингових і синтетичних стрічок дозволяє зробити висновок, що в даний час використовується приблизно 50% максимально можливої продуктивності конвеєрів з двороликовими опорами. Для стрічок з підвищеною поперечною гнучкістю можна було б приймати кут  $\beta' = 30 \dots 40^\circ$ .

4. Для *трироликової опори* встановлено значення безрозмірного коефіцієнта  $K_3$  в функції від кута природного відкосу  $f$ , нахилу роликоопор  $\beta'$  і параметру  $\theta = l_p / b$ ; де  $l_p$  - довжина ролика, мм;  $b$  - робоча ширина стрічки. Визначено максимальні значення цього коефіцієнта, а також значення оптимальної довжини  $l_{opt}$  середніх роликів, що відповідають максимальній площі перерізу вантажу при існуючих кутах нахилу бічних роликів.

5. Для широких ( $\geq 1600$  мм) синтетичних і гумотросових стрічок допустимі кути вигину можуть бути прийняті  $36-40^\circ$ . У цьому випадку  $\beta' = 18 \dots 20^\circ$  і площа перерізу

$$F_c = (0,22 \operatorname{tg} f + 0,081) b^2.$$

Максимально можлива площа перерізу при  $f = 15^\circ$  і  $\beta' = 37^\circ$  дорівнює

$$F_{\max} = (0,16 \operatorname{tg} f + 0,231) b^2.$$

Таким чином, при  $f = 15^\circ$ ,

$$F_{\max} / F_6 = 2,2 \text{ та } F_{\max} / F_c = 1,96$$

Отже, можна зробити висновок, що в даний час використовується приблизно 50% максимально можливої продуктивності конвеєрів з двороликовими опорами. Для стрічок з підвищеною поперечною гнучкістю можна було б приймати кут  $\beta' = 30 \dots 40^\circ$ .

6. Проведено аналіз виробничих небезпек під час експлуатації стрічкових конвеєрів, розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травматизму. Здійснено розрахунок економічної ефективності запропонованих конструктивних та технологічних рішень в кваліфікаційній роботі.



## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України “Про охорону праці”.
2. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки транспортних засобів механізації переміщення вантажів. Навчальний посібник - Дніпропетровськ: НГУ, 2002. 102с.
3. Бондарєв В.С. Підйомно-транспортні машини. Розрахунок підйомальних і транспортувальних машин: підручник. Київ: Вища школа, 2009. 734 с.
4. Івах Р.М. Основи охорони праці; К.: Кондор, 2010, 464с
5. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. Київ: Вища школа, 1993. 413 с.
6. Коруняк П.С., Ніщенко І.І., Керницький І.С. Транспортувальні машини: навч. посібник. Львів: Сполом, 2017, 244с.
7. Куроп'ятник О. С. Параметрична оптимізація стрічкових конвеєрів за критерієм енергоефективності. Наука та прогрес транспорту. 2021. № 3 (93), С.50–58.
8. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навчальний посібник. Львів: «Новий Світ-2000», 2020, 230с.
9. Малащенко В.О., Стрілець В.М., Новіцький Я.М., Стрілець О.Р. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2017. 347с.
10. Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. Львів: Афіша, 1999. 256с.
11. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 556с.
12. Розрахунок і проектування транспортних засобів безперервної дії. О. І. Барішев, В. О. Будішевський, М. А. Складар, А. О. Суліма,

- О. М. Ткачук. Навчальний посібник для ВНЗ. Під заг. ред. В. О. Будішевського. Донецьк, 2005. 689с.
13. Тищенко Л.М., Білостоцький В.О. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів. Харків, 2003. 406с.
  14. Ziesch M. Bestimmung wichtiger Konstruktions- und Betriebsparameter von Gurtbandforderern beim Einsatz in Tierproduktionsanlagen. Agrartechnik, 10 (1981), S.466 -468
  15. Dieter Muhs, Herbert Wittel, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek, Roloff / Matek. Maschinenelemente. Normung, Berechnung, Gestaltung. 18., vollständig überarbeitete Auflage. Viewegs Fachbücher der Technik. GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2007. 819s.
  16. Янків В.В. Оптимальне проектування редукторів механічних приводів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Техніка й технології агропромислового виробництва» та 2nd International Conference on Agriculture, Technology, Engineering and Sciences (ICATES-2019. Львів, ЛНАУ, 2019
  17. Yankiv v. Optimal design of gearboxes of mechanical drives. book of abstracts of 2nd International Conference on Agriculture, Technology, Engineering and Sciences (ICATES 2019), 18-20 september 2019, Lviv – Ukraine. s.148.
  18. Янків В.В. Оптимізація параметрів редукторів механічних приводів з використанням програми «Пошук розв'язку». Збірник тез доповідей V міжнародної науково – технічної конференції «Крамаровські читання». К.: НУБіП, 2018. С. 255-257.
  19. Янків В., Шпак Л., Кравець Р. Оптимізація параметрів транспортера з гнучким тяговим органом Вісник ЛНАУ: Агроінженерні дослідження , №15, 2011.с.424-428,

20. Янків В.В. Розрахунок стрічкових транспортерів. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів факультету механіки та енергетики. Львів:ЛНАУ,2009. 23с.
21. Транспортерні стрічки Trellex на тканинній основі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.metso.com/Textile\\_Belt.pdf](http://www.metso.com/Textile_Belt.pdf).
22. Стрічки транспортерні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.irbis.ua/catalog/lenty-transporternye>