

УДК 628.15

*О.А. Токарчук, асистент  
Вінницький національний аграрний університет*

### **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ЗУСИЛЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЄРА**

*Подано розроблені конструкції робочих органів та схему експериментальної установки трубчатого конвеєра, а також методику проведення лабораторних досліджень. Наведено результати експериментальних досліджень з визначення зміни величини тягового зусилля робочого органа на різних ділянках технологічної траси при застосуванні різних типів скребків.*

**Ключові слова:** *шайбові скребки, трубчатий конвеєр, тягове зусилля, компоненти сипких сумішей.*

УДК 628.15

*О.А. Токарчук, ассистент  
Винницкий национальный аграрный университет*

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА**

*Представлены разработанные конструкции рабочих органов и схема экспериментальной установки трубчатого конвейера, а также методика проведения лабораторных исследований. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению изменения величины тягового усилия рабочего органа на разных участках технологической трассы при применении различных типов скребков.*

**Ключевые слова:** *шайбовые скребки, трубчатый конвейер, тяговое усилие, компоненты сыпучих смесей.*

UDC 628.15

*O.A. Tokarchuk, assistant  
Vinnitsia National Agrarian University*

### **RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES FROM DETERMINATION OF HAULING EFFORT OF WORKINGS ORGANS OF TUBE CONVEYER**

*The developed constructions of workings organs and chart of the experimental setting of tube conveyer, and also method of leadthrough of laboratory researches, are presented in the article. The results of experimental researches are resulted from determination of change of size of hauling effort of working organ on the different areas of technological route at application of different types of scrapers.*

**Keywords:** *puck scrapers, tube conveyer, hauling effort, components of friable mixtures.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Транспортування сипких матеріалів сільськогосподарського виробництва в замкнених стаціонарних трубчатих магістралях різної конфігурації широко застосовується при годівлі тварин і птиці. Як робочий орган використовуються скребкові шайби, закріплені з певним кроком на гнучкому тяговому робочому органі. Привід таких робочих органів здійснюється за допомогою обертових зірочок, між зубами яких розташовуються скребки, що забезпечує переміщення сипкого матеріалу в направляючому кожусі. Уздовж горизонтальної вивантажувальної ланки технологічної траси періодично встановлені дозувальні вивантажувальні лійки, які спрямовують сипкий транспортований матеріал до зони вивантаження.

**Аналіз останніх публікацій, в яких започатковане розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Дослідженням питань підвищення ефективності роботи трубчатих та скребкових шайбових конвеєрів, розроблення методів розрахунку їх параметрів займалися вчені, серед яких Р.Л. Зенков, І.І. Івашков, Л.М. Колобов [1], С.В. Громов [2], В.М. Долгунін [3], А.А. Айзерман [4] та інші.

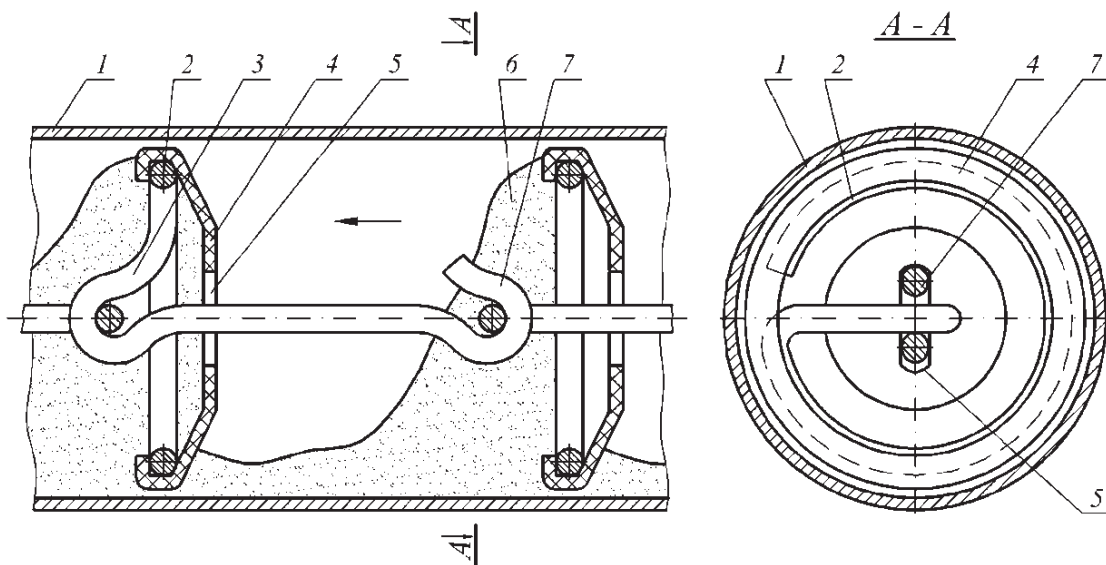
Аналіз відомих досліджень [1, 2, 3] показав, що основними недоліками існуючих робочих органів є їх висока матеріаломісткість, що призводить до підвищених сил тертя при транспортуванні матеріалів, а також низька ремонтна здатність (при поломці однієї шайби або критичного зношення її поверхні необхідно демонтувати весь робочий орган), а також обмежені функціональні можливості.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** З метою підвищення експлуатаційних показників шайбових конвеєрів необхідно розробити нову конструкцію робочого органа, виконаного на основі секційних елементів, для їх заміни у випадку виходу з ладу, а також експериментальну установку трубчастого конвеєра та провести лабораторні дослідження для встановлення зміни величини тягового зусилля робочого органа на різних ділянках технологічної траси при застосуванні різних типів скребків.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Для розв'язання поставленої задачі розроблена конструктивна схема робочого органа шайбового конвеєра [4], який зображено на рис.1.

Він складається з корпусу 1 трубчатої форми, в якому розміщується осьовий прутковий секційний елемент, що містить кільце 2, гаки 3 і 7, кришку 4 конусоподібної форми з поздовжнім пазом 5. Для зменшення

коефіцієнта тертя з периферійними зачепами приводних зубчатих коліс кришку доцільно виготовляти з поліамідів, армованих скляним волокном.



**Рис. 1 – Конструктивна схема робочого органа шайбового конвеєра**

За допомогою поздовжнього паза кришку проводять через гак 7, а далі шляхом стискання спіралеподібного кільця відбувається його замикання у внутрішній периферійній поверхні кришки.

Вільний гак 7 першої секції входить у зачеплення з гакем 3 наступної секції, утворюючи ланцюгове з'єднання. Кришка виконує функцію кріплення кільцевої поверхні секційного елемента, а також транспортування матеріалу.

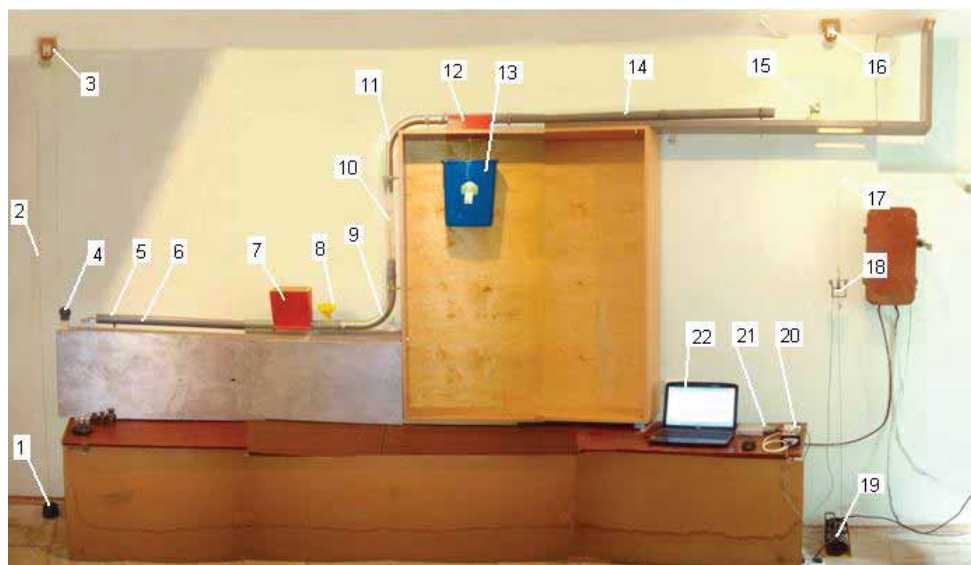
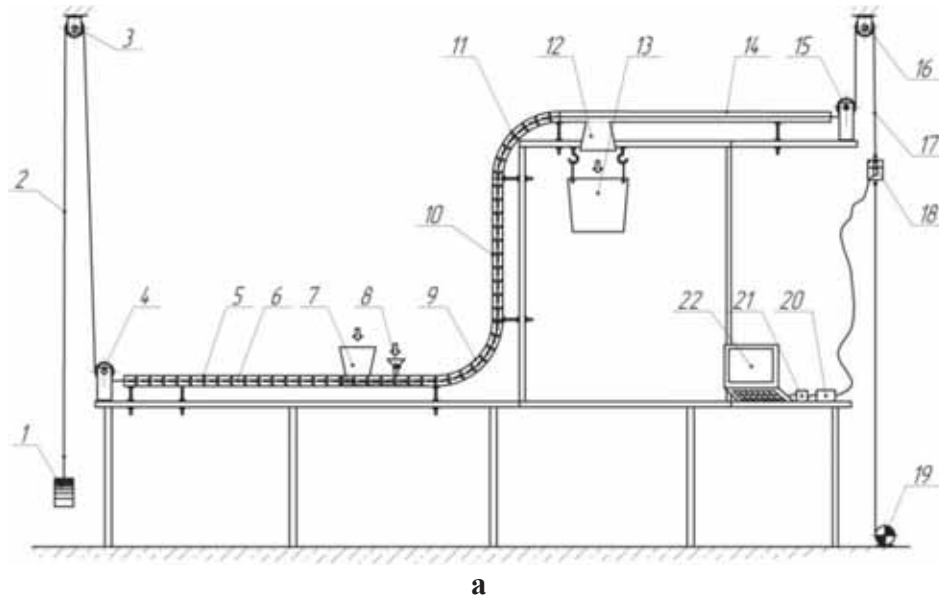
Шайбовий транспортер приводиться в рух зубчатим колесом (на кресленні не зображено), що здійснює контакт по конусоподібній поверхні кришки. При русі транспортера сипкий матеріал 6 через завантажувальний бункер захоплюється кришками і переміщується в зону вивантаження.

Для визначення сили опору при переміщенні робочого органа на прямолінійній, криволінійній та вертикальній ділянках технологічних трас, а також установа ступеня змішування компонентів сумішей розроблено експериментальну установку, зображену на рис. 2.

Оскільки шлях транспортування сипких матеріалів відповідає відстані від завантажувальної 7 до вивантажувальної 12 горловин, то довжина троса 2 від верхнього блока 3 до мірних вантажів 1 з однієї сторони, а також відстань від датчика зусилля 18 до електропривода 19 з іншої сторони троса 17 повинні відповідати сумарній довжині технологічної траси всіх ділянок (горизонтальної, вигнутої криволінійної, вертикальної, випуклої криволінійної та горизонтальної).

Для дослідження процесу змішування двокомпонентної сипкої суміші в зоні завантаження матеріалу встановлено завантажувальну горловину 7 та дозатор 8, а тяговий робочий орган з бункерними скребками 6 розташований

у напрямній трубці різної конфігурації, яка містить горизонтальну 5, вигнуту криволінійну 9, вертикальну 10, випуклу криволінійну 11 та горизонтальну 14 ділянки. У зоні вивантаження матеріалу встановлено вивантажувальну горловину 12 та місткість для вантажу 13.

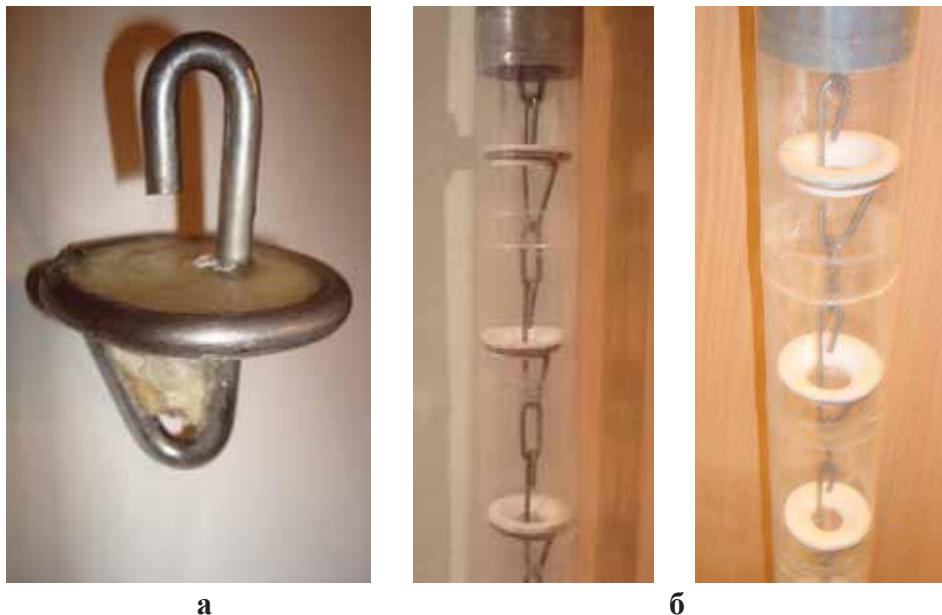


**Рис. 2 – Лабораторна експериментальна установка трубчастого конвеєра з бункерними скребками: а – схема установки; б – зовнішній вигляд установки:**  
**1 – вантаж; 2, 17 – трос; 3, 4, 15, 16 – направляючі блоки; 5 – горизонтальна ділянка траси; 6 – тяговий орган зі скребками; 7 – завантажувальна горловина; 8 – дозатор; 9 – вигнута криволінійна ділянка; 10 – вертикальна ділянка; 11 – випукла криволінійна ділянка; 12 – вивантажувальна горловина; 13 – місткість для вантажу; 14 – горизонтальна ділянка; 18 – корпус з датчиком зусилля (індуктивний датчик JA12SSVD10/N2P); 19 – електропривод установки; 20 – комутатор та блок живлення системи вимірювання; 21 – аналогово-цифровий адаптер ADA-1406; 22 – персональний комп’ютер**

Процес проведення експериментальних досліджень полягає в наступному. Довжину троса від датчика зусиль 18 до електропривода 19 розбивають на ділянки, які відповідають відповідно горизонтальній ділянці в зоні завантаження матеріалу, вигнутій криволінійній, вертикальній, випуклій криволінійній та горизонтальній до вивантажувальної горловини.

Далі відбувається процес забору матеріалу та його транспортування. Сила опору переміщенню робочого органа фіксується датчиком зусилля 18, а далі через комутатор та блок живлення системи вимірювання 20 через аналогово-цифровий адаптер 21 сигнал перетворюється та відображається у вікні дисплея комп'ютера 22.

При проведенні експериментальних досліджень застосовувалися скребкові шайби із суцільною торцевою поверхнею скребків (рис. 3, а), а також із внутрішніми отворами різних діаметрів для пересипання та одночасного змішування компонентів сипкого матеріалу (рис. 3,б).



**Рис. 3 – Скребкові шайби:**

**а – із суцільною торцевою поверхнею; б – з внутрішніми отворами**

При проведенні експериментальних досліджень на тяговому робочому органі застосовувалися п'ять підряд розташованих скребкових шайб.

Дослідження виконувалися в п'ятикратній повторюваності при транспортуванні комбікорму, а отримані результати записувалися в таблиці.

За результатами проведених експериментальних досліджень побудовані графічні залежності (рис. 4, 5) зміни тягового зусилля  $F_T$  при переміщенні блока шайбових скребків у часі  $t$  на різних ділянках технологічної траси та при різних поступальних швидкостях робочого органа.

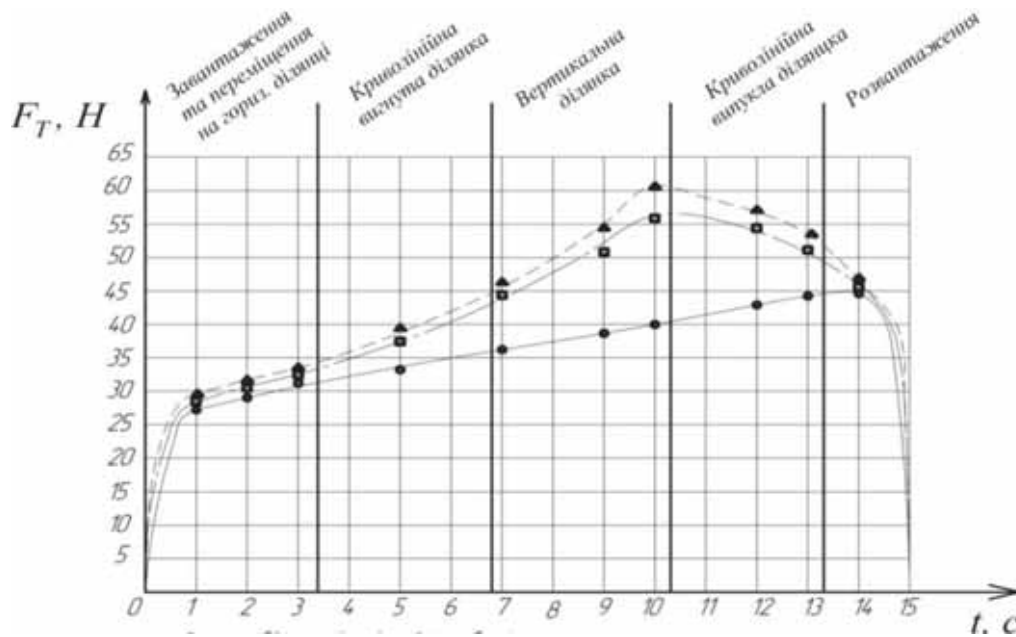


Рис. 4 – Графічні залежності зміни тягового зусилля  $F_T$  при переміщенні блока шайбових скребоків у часі  $t$  на різних ділянках технологічної траси при поступальній швидкості робочого органа  $V = 0,15$  м/с:  
 ▲ – суцільні шайбові скребки; ■ – шайбові скребки з внутрішнім отвором;  
 ● – переміщення скребоків без вантажу

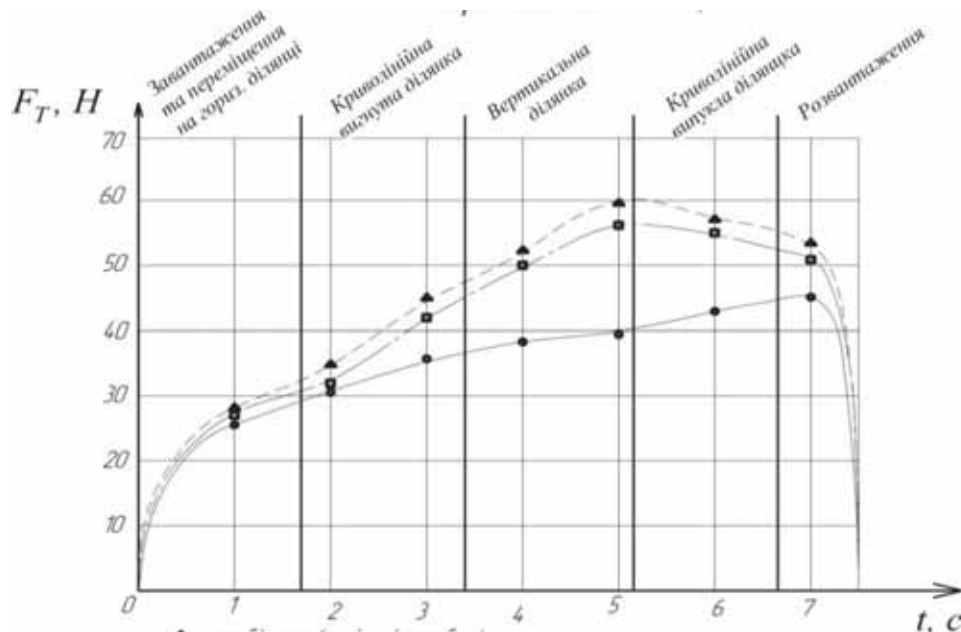


Рис. 5 – Графічні залежності зміни тягового зусилля  $F_T$  при переміщенні блока шайбових скребоків у часі  $t$  на різних ділянках технологічної траси при поступальній швидкості робочого органа  $V = 0,3$  м/с:  
 ▲ – суцільні шайбові скребки; ■ – шайбові скребки з внутрішнім отвором;  
 ● – переміщення скребоків без вантажу

При проведенні експериментальних досліджень незмінними були такі параметри: зовнішній діаметр напрямної труби  $D_{Т.з.} = 50$  мм; внутрішній діаметр напрямної труби  $D_{Т.в.} = 46$  мм; зовнішній діаметр шайбових

скребків  $D_{ш} = 43$  мм; діаметр отворів у шайбових скребках  $d_0 = 18$  мм; відстань між шайбовими скребками  $L = 100$  мм; зусилля, яке створюється вантажами  $G_b = 24,5$  Н; коефіцієнт заповнення напрямної труби матеріалом  $\psi = 0,6$ ; сипкий вантаж – комбікорм.

Аналізуючи побудовані графічні залежності, можна констатувати, що на першій горизонтальній ділянці тягове зусилля  $F_T$  є мінімальним і зростає за лінійною залежністю в міру забору сипкого матеріалу блоком скребкових шайб. На криволінійній вигнутій ділянці зростання тягового зусилля є більш інтенсивним, особливо при наближенні до вертикальної ділянки, де значення зусилля є максимальним. У зоні випуклої криволінійної ділянки величина  $F_T$  починає спадати до вивантаження матеріалу.

Суцільні скребки, які переміщуються без матеріалу, більш масивні, однак значення тягового зусилля є меншим, ніж при транспортуванні сипкого матеріалу, особливо на вертикальній ділянці.

Застосування блока шайбових скребків дозволяє диференціювати процес транспортування сипких матеріалів і встановити відповідність тягового зусилля на різних ділянках технологічної траси.

Ураховуючи, що зусилля, яке створюється вантажами, становить 24,5 Н, для поступальної швидкості робочого органа  $V = 0,15$  м/с на горизонтальній ділянці максимальне тягове зусилля для п'яти скребків становить: для суцільних скребків  $F_{TCC} = 7,5$  Н; для скребків з отвором  $F_{TCO} = 7,2$  Н; для скребків без вантажу (холостий хід)  $F_{TCX} = 7$  Н. Відповідно зусилля на переміщення одного скребка:  $F_{TCC} = 1,5$  Н;  $F_{TCO} = 1,44$  Н;  $F_{TCX} = 1,4$  Н.

Максимальне тягове зусилля при переміщенні одного скребка на криволінійній вигнутій ділянці:  $F_{TCC} = 4,3$  Н;  $F_{TCO} = 3,9$  Н;  $F_{TCX} = 2,7$  Н.

Максимальне тягове зусилля при переміщенні одного скребка на вертикальній ділянці:  $F_{TCC} = 7,1$  Н;  $F_{TCO} = 6,2$  Н;  $F_{TCX} = 3,1$  Н.

Максимальне тягове зусилля при переміщенні одного скребка на криволінійній випуклій ділянці відповідає переходу вертикальної ділянки у випуклу криволінійну, а далі на горизонтальній ділянці величина тягового зусилля починає спадати.

Для поступальної швидкості робочого органа  $V = 0,3$  м/с відповідні тягові зусилля становлять:

горизонтальна ділянка:  $F_{TCC} = 1,5$  Н;  $F_{TCO} = 1,3$  Н;  $F_{TCX} = 1,1$  Н;

криволінійна вигнута ділянка:  $F_{TCC} = 4,7$  Н;  $F_{TCO} = 4,1$  Н;  $F_{TCX} = 2,4$  Н;

вертикальна ділянка:  $F_{TCC} = 7,1$  Н;  $F_{TCO} = 6,5$  Н;  $F_{TCX} = 2,7$  Н.

Характер зміни тягового зусилля при переміщенні одного скребка на криволінійній випуклій ділянці аналогічний до попередньо розглянутого випадку.

Аналіз отриманих результатів зміни величини тягового зусилля на різних ділянках технологічної траси показує, що максимальні навантаження виникають на вертикальній ділянці. При цьому для суцільних скребків

величина  $F_T$  в 1,09 – 1,15 раза перевищує величину  $F_T$  для скребоків з отворами, через які відбувається пересипання кормової суміші.

Для забезпечення відповідної продуктивності трубчастого конвеєра зі скребками з отворами доцільно вибирати більш високі поступальні швидкості робочого органа, ніж із суцільними скребками.

Установлено, що зміна поступальної швидкості робочого органа в межах 1,15 – 1,3 м/с фактично не призводить до суттєвої зміни величини тягового зусилля на різних ділянках технологічної траси конвеєра.

### **Висновки із цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.**

Розроблено нові конструкції шайбових скребоків трубчастого транспортера з розширеними функціональними можливостями, який забезпечує одночасне транспортування та змішування сипких компонентів кормової суміші.

Розроблено й виготовлено експериментальну установку трубчастого конвеєра з горизонтальними, криволінійними та вертикальною технологічними ділянками, а також запропоновано методику проведення експериментальних досліджень.

За результатами виконаних експериментальних досліджень побудовано графічні залежності зміни величини тягового зусилля робочого органа на різних ділянках технологічної траси при застосуванні різних типів скребоків та поступальній швидкості робочого органа.

Установлено, що для суцільних скребоків величина  $F_T$  в 1,09 – 1,15 раза перевищує величину  $F_T$  для скребоків з отворами, через які відбувається пересипання кормової суміші.

Зміна поступальної швидкості робочого органа в межах 1,15...1,3 м/с фактично не приводить до суттєвої зміни величини тягового зусилля на різних ділянках технологічної траси конвеєра.

### *Література*

1. *Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта / Р.Л. Зенко, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1980. – 367 с.*
2. *Разработка метода расчета распределенных сопротивлений движению тягового органа трубчатого скребкового конвейера с пространственной трассой: – дис. д-ра техн. наук: 05.05.11 / С.В. Громов. – М. : МГТУ, 2006. – 211 с.*
3. *Долгунин В.Н. Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения, закономерности, технологическое применение / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев. – М. : Изд. «Машиностроение-1», 2005. – 112 с.*
4. *Айзерман А.А. Классическая механика / А.А. Айзерман. – М. : Наука, 1974. – 368 с.*
5. *Патент України на корисну модель №56182, МПК В65G 19/00. Робочий орган шайбового транспортера / Гевко Р.Б., Токарчук О.М., Кричківський В.Й.; заявник і власник патенту: Тернопільський національний економічний університет. – №и201005721; заявл. 12.05.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл.№ 1.*

*Надійшла до редакції 20.03.2014*

*©О.А. Токарчук*