

УДК 621.86

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГНУЧКИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

Гевко Іван Богдан к.т.н., доцент

Ляшук Олег Леонтійович к.т.н., доцент

Дячун Андрій Євгенович к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Gevko I.

Lyashuk O.

Dyachun A.

Ternopil National Technical University Pul'uj

Анотація: *приведено оригінальне стендове оснащення для дослідження технологічних процесів транспортування і змішування сипких матеріалів ГГК. Проведено комплекс експериментальних досліджень якості змішування сумішей з використанням різних типів ГГК, а в якості ГРО використовувались спіральні, гофровані та секційні робочі органи. За результатами обробки даних проведених експериментальних досліджень побудовано ряд графічних залежностей впливу на неоднорідність змішування частоти обертання ГРО при виконанні процесу змішування гнучким гвинтовим транспортером, а також залежність коефіцієнта неоднорідності суміші від довжини ГРО.*

Ключові слова: *гвинтовий робочий орган, секції, гвинтовий конвеєр.*

Постановка проблеми

Гвинтові робочі органи мають використання у різних галузях народного господарства та промисловості. Ці механізми використовують для змішування, транспортування і необхідного переміщення сільськогосподарських культур, будівельних матеріалів, харчових та фармацевтичних продуктів, металевої стружки тощо. При виконанні технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механізмами не завжди досягається необхідна продуктивність і якість виконання заданого процесу. Тому, для забезпечення високої продуктивності та якості виконання технологічних процесів гвинтовими транспортно-технологічними механізмами необхідно розробляти й використовувати в їх конструкціях ефективні гвинтові робочі органи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями розроблення і дослідження гвинтових транспортних конвеєрів присвячені праці Германа Х. [1], Григорєва А.М. [2], Гевка Р.Б. [3], Гевка Б.М. [4], Рогатинського Р.М. [4, 5] та інших. Однак цілий ряд питань, які стосуються удосконалення конструкцій самих гвинтових механізмів і їх робочих органів, потребують подальшого дослідження.

Метою дослідження

Метою роботи є розроблення спеціального стендового оснащення й проведення досліджень продуктивності та якості змішування матеріалів гнучкими гвинтовими конвеєрами.

Основна частина

При дослідженні продуктивності транспортування сипких вантажів гнучкими гвинтовими конвеєрами (ГГК) використовувались спеціальні стенди, прилади та інструменти для заміру конструктивних, кінематичних, силових і технологічних параметрів, що дозволило вдосконалювати конструкції ГГК і їх гвинтових робочих органів (ГРО) та встановлювати раціональні параметри їх роботи.

Для дослідження продуктивності транспортування сипких вантажів ГГК використовувався стенд [6], який виконано у вигляді шнекового пневмо-механічного транспортера. Схема стенду зображена на рис. 1, а його загальний вигляд подано на рис. 2.

Установка (рис. 1) складається з рами 1, на якій розташовано трьохфазний асинхронний електродвигун (АИР90L4У3) 2, що передає обертальний момент за допомогою клинопасової передачі 3 до редуктора 4, і далі через ланцюгову передачу 5 до транспортера 6 з розташованим у ньому гвинтовим живильником 18, до якого, при потребі, може приєднуватись ГРО 17. До електродвигуна 2 під'єднано перетворювач частоти (ПЧ) (ALTIVAR 71) 21, яким через персональний комп'ютер (ПК) 22 здійснюється керування роботи двигуна. Також транспортер містить пневмосистему 8, під'єднану за допомогою обертового пневмопереходу до центрального отвору 12, який виконано у шліцьовому валу 13 гвинтового живильника 18. Причому шліцьовий вал 13 гвинтового живильника 18 встановлений з можливістю кругового переміщення в підшипникових опорах 14 і підтиснутий пружиною стиснення 9, а через обертовий пневмоперехід 10 зв'язаний з пневморозподільником 11 пневмосистеми 8. При цьому шліцьовий вал 13 живильника 18 встановлений з можливістю осьового переміщення за допомогою кулькового шліцьового з'єднання. Під бункером 7 розміщено механічну заслінку 16 з допомогою якої регулюють подачу матеріалу.

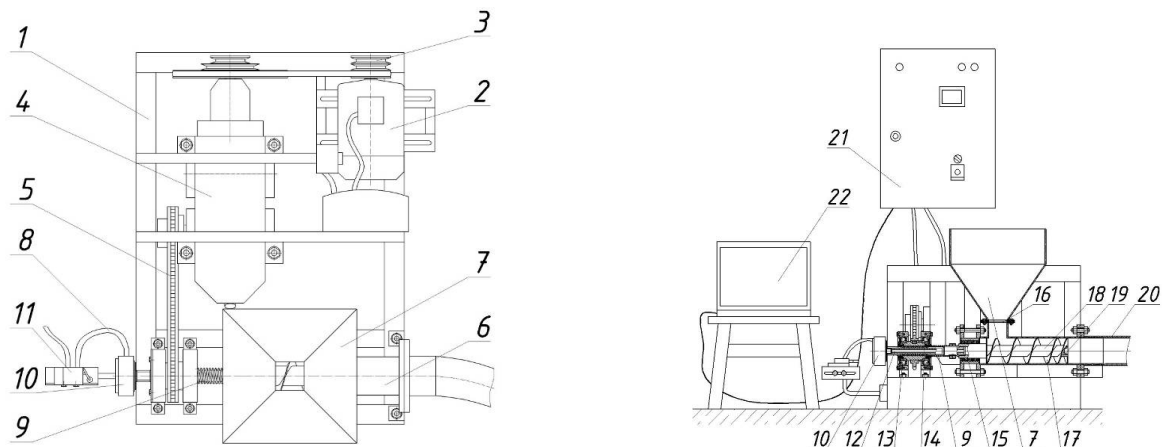


Рис. 1. Схема стенду для дослідження процесу транспортування сипких вантажів гвинтовим механічним та шнеково-пневматичним транспортером

Експериментальна установка може працювати у режимі шнекового механічного та шнекового пневмо-механічного транспортера в залежності від необхідності проведення досліджень. У першому випадку сипкий матеріал через бункер 7 потрапляє в корпус транспортера 6 на шнек 17, яким і здійснюється його транспортування. Дослідження продуктивності ГГК в залежності від заповнення магістралі 20 і радіуса її кривизни можна визначати при плавному та

різкому пуску, реверсуванні та зміни частоти обертання в автоматизованому режимі за допомогою ПЧ 21 та ПК 22.



Рис. 2. Загальний вигляд стенду для дослідження процесу транспортування матеріалів гвинтовим механічним та шинково-пневматичним транспортером

У другому випадку сипкий матеріал через бункер 7 потрапляє в корпус транспортера 6 на гвинтовий живильник 18, який приводиться в рух через механічні передачі від двигуна 2, керування яким здійснюється з ПК. При виникненні перевантаження, яке зумовлено накопиченням певної дози сипкого матеріалу в робочій камері корпуса транспортера 6, гвинтовий живильник 18 за рахунок спіральної поверхні зміщується в осьовому протилежному напрямку транспортування сипкого матеріалу за допомогою кулькового шліцевого з'єднання, стискаючи пружину 9. Далі обертовий пневмоперехід 10 взаємодіє з пневморозподільником 11, який впускає повітря високого тиску з пневмосистеми 8. Повітря потрапляє в центральний отвір 12 шліцевого вала 13 гвинтового живильника 18, і через сопло 19 спричиняє розрідження сипкого матеріалу і його подальше транспортування по транспортній магістралі 20. При переміщенні матеріалу зменшується осьовий тиск на гвинтовий живильник і відбувається вимкнення пневморозподільника 11, що, в свою чергу, перекриває доступ повітря з пневмосистеми 8. Продуктивність транспортера при різних коефіцієнтах заповнення магістралі 20 та частотах обертання живильника 18 визначається в частково автоматизованому режимі.

Також для проведення досліджень продуктивності транспортування сипких вантажів ГГК використовувались дослідні стенди, виконані у вигляді ГГК з вивантажувальною магістраллю (рис. 3.а) та з завантажувальною і вивантажувальною магістралями та пересипним корпусом (рис. 3.б) [6].

У ГГК з вивантажувальною магістраллю (рис. 3.а) сипкий матеріал через бункер 1 потрапляє в корпус транспортера 2 на шнек, яким і здійснюється його транспортування. Обертальний рух шнека отримує через механічні передачі від електродвигуна, керування яким здійснюється з ПК через ПЧ. Шнек з двигуном закріплено на рамі 3. ГРО в установці можна досліджувати різної конфігурації. При цьому продуктивність ГГК можна визначати при різних коефіцієнтах заповнення магістралі 2 різними сипкими матеріалами, частотах обертання шнека та радіусі кривизни магістралі.

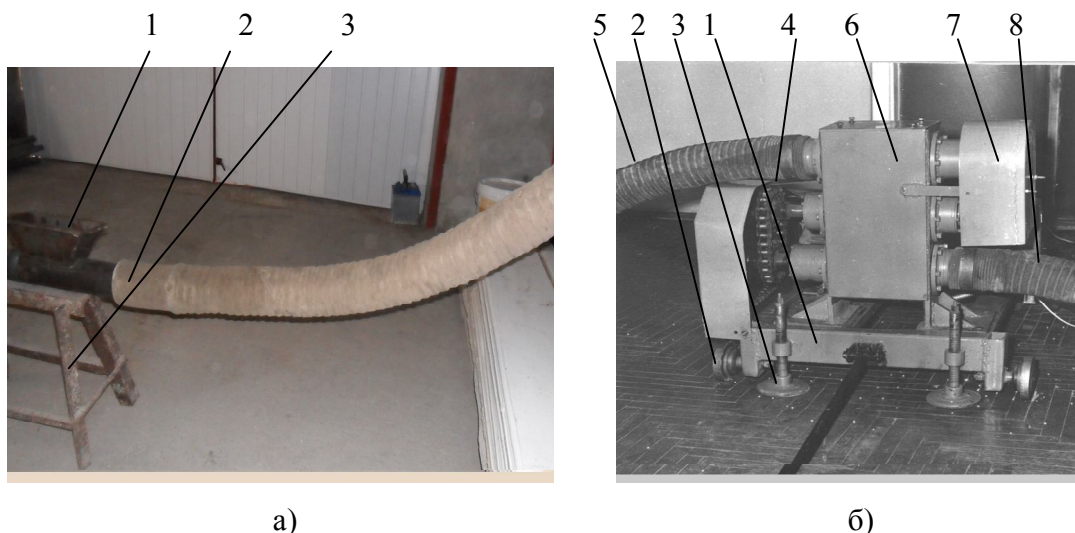


Рис. 3. Стенди для дослідження процесів транспортування сипких матеріалів гнучкими ГРО: а) з вивантажувальною магістраллю; б) з завантажувальною і вивантажувальною магістралями та пересипним корпусом

Експериментальна установка ГГК (рис. 3.б) з завантажувальною і вивантажувальною магістралями та пересипним корпусом складається з рами 1, що пересувається на опорних колесах 2 і фіксується в нерухомому положенні опорами 3. На рамі розташовується пересипний корпус 6, у який входять завантажувальна магістраль з гнучким ГРО 5 та вивантажувальна магістраль з гнучким ГРО 8, а також елементи приводів шнеків 4 та їх захисні кожухи 7. Магістралі з ГРО приводяться в рух електродвигуном, керування яким здійснюється з ПК через ПЧ. Матеріал через завантажувальну насадку потрапляє до завантажувальної магістралі 5, далі транспортується в корпус 6 і під дією гравітаційного поля зсипається та потрапляє у вивантажувальну магістраль 8, що здійснює його транспортування. При цьому продуктивність ГГК можна визначати для різних сипких матеріалів при різних коефіцієнтах заповнення магістралей 5 і 8, різних діаметрах і конструктивних виконаннях гнучких ГРО, а також частотах їх обертання та радіусах кривизни магістралей при плавному та різкому пуску, реверсуванні та моделюванні різноманітних навантажень в автоматизованому режимі за допомогою ПЧ та ПК.

За результатами обробки даних проведених експериментальних досліджень побудовано ряд графічних залежностей. Так на рис. 4 представлено вплив зміни продуктивності ГГК з внутрішнім діаметром кожуха $D_k = 0,1$ м від частоти обертання ГРО, з яких видно, що продуктивність зростає прямо пропорційно із збільшенням кількості обертів і є більшою для ГГК з гофрованими ГРО. На рис. 5 наведено залежності величини обертового моменту від зміни радіуса кривизни магістралі R для гофрованих і секційних ГРО з внутрішнім діаметром кожуха $D_k = 0,1$ м при частоті обертання $n = 454,4$ об/хв., з яких видно, що обертовий момент збільшується при зменшенні радіуса кривизни магістралі для ГГК з гофрованими (у меншій мірі) і секційними (у більшій мірі) ГРО, і ця залежність має гіперболічний характер.

На рис. 6 показано залежності обертового моменту від зміни частоти обертання ГРО (пряма траса) з яких видно, що із збільшенням частоти обертання ГРО обертовий момент зменшується. Тому, при проектуванні ГГК швидкість обертання ГРО доцільно призначати більшою 400 об/хв., що дозволить зменшити тертя ГРО по кожуху за рахунок його центрування по осі обертання та втягування вантажу в рівномірний гвинтовий рух.

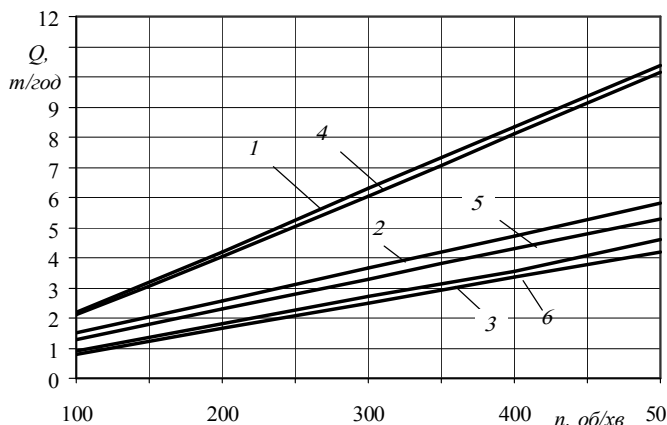


Рис. 4. Вплив на продуктивність ГГК частоти обертання при $D_k = 0,1$ м для: 1 – піску (гофрований ГРО); 2 – ячменю (гофрований ГРО); 3 – технічної солі (гофрований ГРО); 4 – піску (секційний ГРО); 5 – ячменю (секційний ГРО); 6 – технічної солі (секційний ГРО)

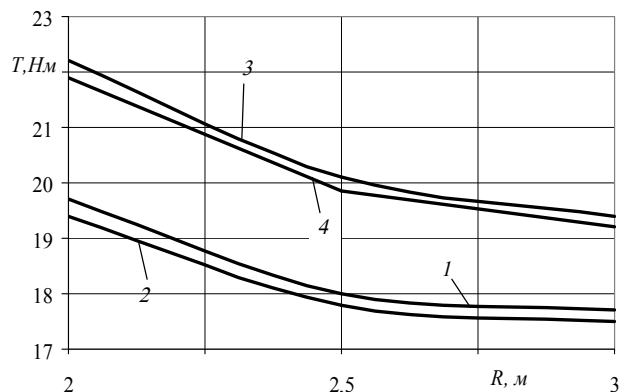


Рис. 5. Вплив на величину обертального моменту ГГК радіуса кривини магістралі при $D_k = 0,1$ м та $n = 454,4$ об/хв. для: 1 – піску (гофрований ГРО); 2 – технічної солі (гофрований ГРО); 3 – піску (секційний ГРО); 4 – технічної солі (секційний ГРО)

Якість змішування компонентів суміші оцінюється за вмістом ключового компонента, а усю суміш умовно поділяють на два компоненти: ключовий і умовний, до якого входить решта компонентів [7]. Найбільш вживаним критерієм оцінювання якості суміші є коефіцієнт неоднорідності [7], %:

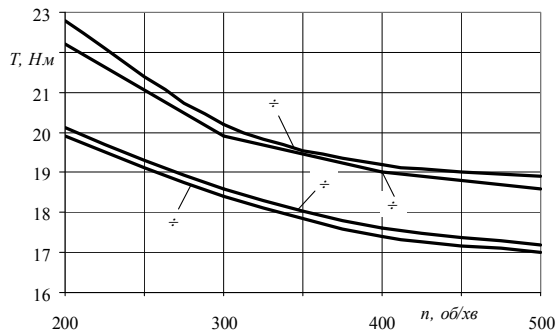


Рис. 6. Вплив на величину обертального моменту гнучкого ГГК частоти обертання ГРО при $D_k = 0,1$ м для: 1 – піску (гофрований ГРО); 2 – технічної солі (гофрований ГРО); 3 – піску (секційний ГРО); 4 – технічної солі (секційний ГРО)

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}, \quad (1)$$

де \bar{c} - середнє арифметичне значення концентрації головного компонента в усіх n пробах суміші, %; c_i - концентрація головного компонента в i -й пробі суміші, %.

За даними [8] ефективність технологічного процесу змішування оцінюється наступним чином: «відмінно» - при $V_c < 3,0\%$; «добре» - при $3,0\% < V_c < 7,0\%$; «задовільно» - при $7,0\% < V_c < 15,0\%$; «незадовільно» - при $15,0\% < V_c$.

Для проведення досліджень якості змішування сумішей використовувались різні типи ГГК (рис. 2 і рис. 3), а в якості ГРО використовувались спіральні (рис. 7), гофровані (рис. 8), та секційні шнеки (рис. 9). Для проведення досліджень використовувалось зерно вики (ключовий компонент) та зерно вівса (умовний компонент) у співвідношенні 20% до 80%.



Рис. 7. Спиральні ГРО



Рис. 8. Гофрований ГРО



а)



б)

Рис. 9. Секційні ГРО з: а) шарнірним з'єднанням; б) запобіжним з'єднанням

На рис. 10 представлені залежності впливу на неоднорідність суміші частоти обертання ГРО при виконанні процесу змішування гнучким гвинтовим транспортером – змішувачем (концентрація ключового матеріалу 20%; діаметр ГРО – 100 мм; довжина ГРО – 6 м; крок шнека - 120 мм; $K_3 = 0,5$). В залежності від конструкції ГРО неоднорідність змішування відрізнялась. При змішуванні компонентів спіральним ГРО вона є найвищою (11,4...11,8%), а при використанні гофрованого ГРО є найменшою (9,2...9,5%), що дозволяє його ефективно використовувати у якості змішувача в гнучких ГК. Проте за даними [8] ефективність технологічного процесу змішування за використання усіх видів ГРО у ГК слід оцінити як «задовільно».

На рис. 11 представлені залежності коефіцієнта неоднорідності суміші від довжини ГРО даного транспортера – змішувача за зазначених вище параметрів при $n = 426$ об/хв. Аналізуючи їх можна зробити висновок, що якість суміші покращується у більшій мірі при зростанні довжини траси ГК до 5 м, після чого неоднорідність суміші зменшується в меншій мірі.

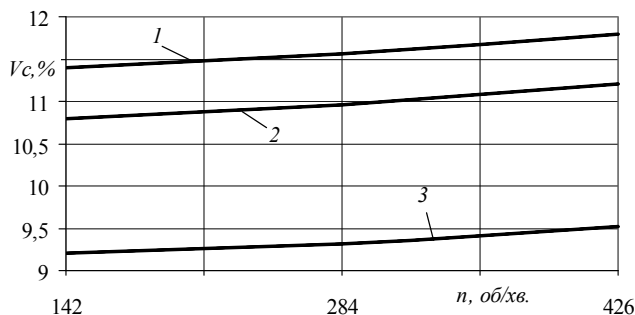


Рис. 10. Вплив на неоднорідність суміші частоти обертання ГРО для: 1 - спірального; 2 - секційного; 3 - гофрованого

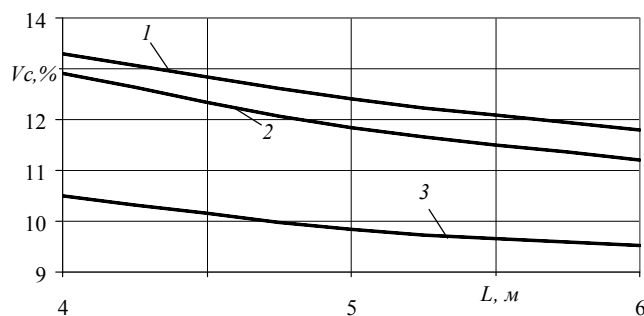


Рис. 11. Вплив на неоднорідність суміші довжини ГРО для: 1 - спірального; 2 - секційного; 3 - гофрованого

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено оригінальне стендове оснащення для дослідження технологічних процесів транспортування і змішування сипких матеріалів ГГК і проведено комплекс експериментальних досліджень.

2. Встановлено, що:

- продуктивність зростає прямо пропорційно із збільшенням кількості обертів і є більшою для ГГК з гофрованими ГРО в порівнянні із секційним ГРО;

- обертальний момент збільшується при зменшенні радіусу кривизни магістралі для ГГК з гофрованими (у меншій мірі) і секційними (у більшій мірі) ГРО, і ця залежність має гіперболічний характер;

- із збільшенням частоти обертання ГРО обертальний момент зменшується. Тому, при проектуванні ГГК швидкість обертання ГРО доцільно призначати більшою 400 об/хв., що дозволить зменшити тертя ГРО по кожуху за рахунок його центрування по осі обертання та втягування вантажу в рівномірний гвинтовий рух;

- у технологічних процесах транспортування-змішування із застосуванням ГГК при використанні спіральних ГРО неоднорідність суміші є найвищою (11,4...11,8%), при використанні секційних значно нижчою (10,8...11,2%), а при використанні гофрованих ГРО є найменшою (9,2...9,5%), що дозволяє їх ефективно використовувати у якості змішувачів в ГГК;

- якість змішування суміші покращується при зростанні довжини траси ГГК до 5 м, після чого неоднорідність суміші стабілізується.

Література

1. Герман Х. Шнековые механизмы в технологии ФРГ / Х. Герман. – Л. : Машиностроение, 1975. – 230 с.
2. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Гевко Р.Б. Підвищення технічного рівня гнучких гвинтових конвеєрів / Р.Б. Гевко, А.О. Вітровий. – Тернопіль : Астон. – 2012. – 209 с.
4. Механізми з гвинтовими пристроями / [Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський та ін.]. – Львів : Світ, 1993. – 208 с.
5. Рогатинський Р. Оптимізація параметрів гвинтових транспортно-технологічних систем / Р. Рогатинський, І. Гевко, Л. Рогатинська // Вісник ТНТУ. – 2013. – № 1 (69). – С. 116–125.

6. Гевко І.Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.02 «Машинознавство» / І.Б. Гевко. – Львів, 2013. – 40 с.
7. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
8. Черняев Н. П. Производство комбикормов / Н. П. Черняев. – М. : Агрпромиздат, 1989. – 224 с.

References

1. German H. Shnekovye mashiny v tehnologii FRG [Screw machines in technology of FRG]. [Tekst]. Leningrad: Mashinostroenie, 1975. p.148
2. Grigor'ev A.M. Vintovye konveery [Screw conveyors]. [Tekst]. Moscow: Mashinostroenie, 1972. p.286.
3. Gevko R.B., Vitrovij A.O. Pidvishhennja tehničnogo rivnja gnuchkih gvintovih konveeriv [Improving the technical level of flexible screw conveyors]. [Tekst]. Ternopil': Aston. – 2012. p. 209.
4. Mehanizmi z gvintovimi pristrojami [Mechanisms of helical devices] [B.M. Gevko, M.G. Danil'chenko, R.M. Rogatins'kij ta in.]. L'viv: Svit, 1993. p. 208.
5. Rogatins'kij R. Gevko I., Rogatins'ka L. Optimizacija parametriv gvintovih transportno-tehnologichnih sistem [Optimization of parameters screw transport and technological systems]. [Tekst]. Visnik TNTU. 2013. Tom 69. no 1. pp. 116–125.
6. Gevko I.B. Naukovo-prikladni osnovi stvorennja gvintovih transportno-tehnologichnih mehanizmiv: avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja doktora tehn. nauk : spec. 05.02.02 «Mashinoznavstvo» [Scientific and applied basics of creating screw transport and technological mechanisms]. Gevko Ivan Bogdanovich. L'viv, 2013. p.40.
7. Makarov Ju. I. Apparaty dlja smeshenija sypruchih materialov [Apparatus for mixing bulk materials]. [Tekst]. Moscow: Mashinostroenie, 1973. p. 216.
8. Chernjaev N. P. Proizvodstvo kombikormov [Production of compound fodder]. [Tekst]. Moscow: Agropromizdat, 1989. p. 224.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИБКИХ ВИНТОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Аннотация: приведена оригинальная стендовая оснастка для исследования технологических процессов транспортировки и смешивания сыпучих материалов ГТК. Проведен комплекс экспериментальных исследований качества смешивания смесей с использованием разных типов ГТК, а в качестве ГРО использовались спиральные, гофрированные и секционные рабочие органы. За результатами обработки данных проведенных экспериментальных исследований построен ряд графических зависимостей влияния на неоднородность смешивания частоты вращения ГРО при выполнении процесса смешивания гибким винтовым транспортером, а также зависимость коэффициента неоднородности смеси от длины ГРО.

Ключевые слова: винтовой рабочий орган, секции, винтовой конвейер.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF FLEXIBLE SCREW CONVEYERS

Summari: the original stand equipment for research of technological processes of transporting and mixing of bulk materials of FSC was presented. The complex of experimental researches of quality of mixing of mixtures using different types of FSC, and as SOM were used screw, corrugated and sectional operating members, were presented. As a result of treatment of these conducted experimental researches the row of graphic dependences of influence is built on heterogeneity of mixing of frequency of rotation of GRO at implementation of process of mixing a flexible spiral conveyor, and also dependence of coefficient of heterogeneity of mixture on length of GRO. As a result of treatment of these conducted experimental researches the row of graphic dependences of influence is built on heterogeneity of mixing of frequency of rotation of GRO at implementation of process of mixing a flexible spiral conveyor, and also dependence of coefficient of heterogeneity of mixture on length of GRO.

Keywords: Key words: screw operating members, sections, screw conveyor