

УДК 621.867.2

<sup>1</sup>Суглобов В.В., д.т.н.; <sup>2</sup>Семенюк В.Ф., д.т.н.; <sup>3</sup>Гринько П.А., к.т.н.

<sup>1</sup>Приазовский государственный технический университет

<sup>2</sup>Одесский национальный политехнический университет

<sup>3</sup>ООО «Метинвест Холдинг»

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАНОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЦЕНТРАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЛЕНТЫ

***Аннотация.** На ленточных конвейерах преимущественное применение получили цилиндрические или цилиндрическо-конусные приводные и натяжные барабаны. Данные конструкции барабанов не обеспечивают в полной мере центральное движение ленты относительно продольной оси конвейера. Вследствие этого, срок службы ленты существенно сокращается. Для обеспечения центрирования ленты предлагаются новые конструкции барабанов. Приводится описание и обоснование конструктивных параметров новых конструкций барабанов, защищенных Патентами Украины на полезную модель.*

***Анотація.** На стрічкових конвеєрах переважно застосування отримали циліндричні або циліндрично-конусні привідні та натяжні барабани. Такі конструкції барабанів не забезпечують повною мірою центральний рух стрічки щодо поздовжньої осі конвеєра. Внаслідок цього, термін служби стрічки істотно скорочується. Для забезпечення центрування стрічки пропонуються нові конструкції барабанів. Наводиться опис і обґрунтування конструктивних параметрів нових конструкцій барабанів, захищених патентами України на корисну модель.*

***Zusammenfassung.** In der Präventiv Einsatz von Förderbändern bekam zylindrischen oder zylinderförmige Antriebs- und Spann Schlagzeug. Diese Konstruktionen bieten keine Spulen voll Mittelpunkt des Bandes relativ zu der Längsachse des Förderers. Folglich wird die Lebensdauer des Riemens erheblich verringert. Um sicherzustellen, das Band Zentrierung verfügt über neue Designs von Trommeln. Die Beschreibung und Begründung der Entwurfparameter der neuen Entwürfe von Trommeln, durch Patente der Ukraine für Gebrauchsmuster geschützt.*

Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом транспортирующих машин непрерывного действия во всех отраслях промышленности. Они, как правило, являются не только неотъемлемой частью технологического процесса, но и определяют его

темп, ритмичность, существенно влияют на организацию всего производства.

#### Актуальность проблемы.

Машины непрерывного транспорта должны отвечать критериям долговечности, надежности и экономичности в эксплуатации, минимальным затратам материалов и труда при изготовлении. Ленточные конвейеры в современном производстве имеют широкое применение и должны соответствовать требованиям повышения надежности в течение всего эксплуатационного периода. Однако, как показывает опыт проектирования и эксплуатации, одним из негативных факторов является неудовлетворительная устойчивость ленты относительно продольной оси конвейера в процессе работы, что, в свою очередь, снижает ее эксплуатационный срок службы.

Названной проблемой занимались многие известные ученые – Александров М.П. [1], Покушалов М.П. [2], Дмитриев В.Г. [3-5], Яхонтов Ю.А. [6-8], Шахмейстер Л.Г. [9], и другие. Для ее решения использовались различные технические разработки в том числе: центрирующие роlikоопоры, бочкообразные барабаны, датчики фиксации схода лент и др. Однако, приведенные ими решения не позволяют в полной мере устранить проблему неустойчивого движения ленты, что, в конечном итоге, снижает срок эксплуатации транспортной ленты и увеличивает внеплановое время простоя оборудования. Поэтому, проблема устойчивого движения ленты в процессе работы ленточного конвейера с целью повышения срока ее службы, а также разработка усовершенствующих конструкций барабанов, является актуальной научно-технической задачей.

Целью исследований является, обеспечение центрального движения ленты относительно продольной оси конвейера.

Задачи исследований для достижения указанной цели:

- 1) выявить причины, влияющие на нецентральное движение ленты;
- 2) проанализировать работоспособность общепринятой цилиндрическо-конусной формы барабана;
- 3) разработать новые конструкции барабанов для обеспечения само центрирования ленты относительно продольной оси конвейера без использования автоматизированных систем центрирования;
- 4) определить и обосновать более рациональную конструкцию барабана.

В настоящее время проектирование конструктивных элементов транспортирующих машин не учитывает в полной мере специфику конструктивных, монтажных и эксплуатационных факторов в условиях промышленных предприятий и портов с тяжелыми и непрерывными условиями эксплуатации при транспортировании различных материалов, что не обеспечивает в

полной мере центральное движение ленты относительно продольной оси конвейера и отражается на долговечности тяговых элементов.

Применяемые до настоящего времени цилиндрическо-конусные барабаны не обеспечивают в полной мере центральное движение ленты на барабанах, а также способствует ее повреждению во время работы ленточного конвейера, т.к. их выпуклая поверхность приводит к повышению натяжения ленты до 40% в сравнительно узкой центральной части ленты конвейера [1].

В результате колебаний, нагрузок или другой причины, лента может сдвигаться относительно продольной оси конвейера, например, вправо (рис. 1).

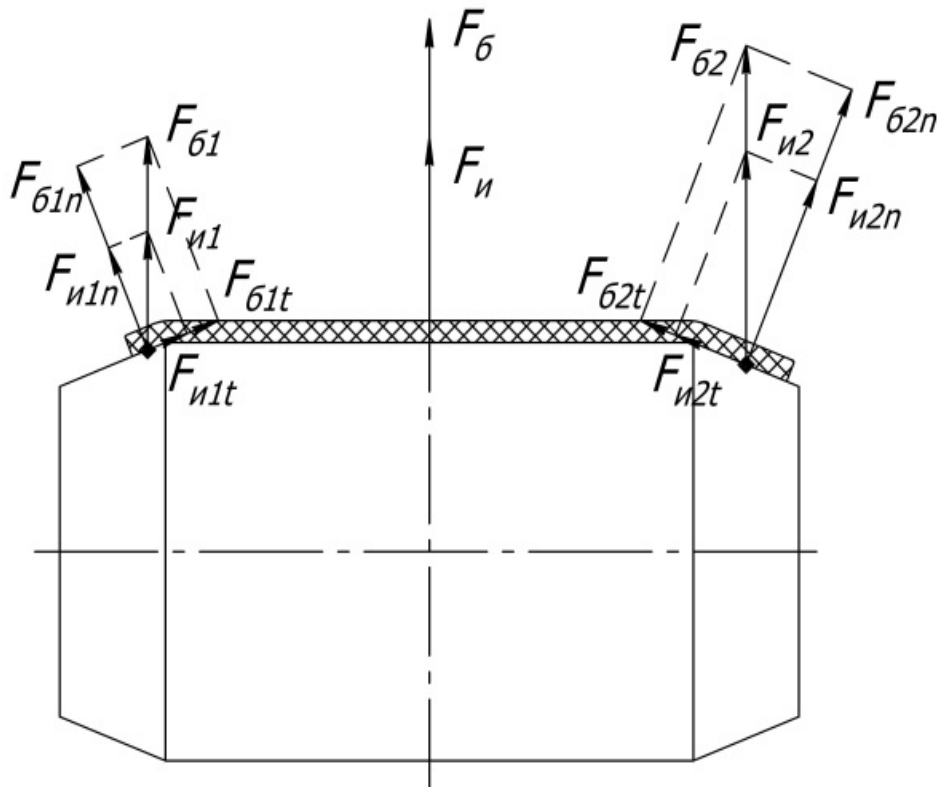


Рисунок 1 – Анализ сил, действующих на ленту при ее смещении на барабане:  $F_{б}$  – сила натяжения барабана;  $F_{и}$  – сила инерции  $F_{бn}$ ,  $F_{ин}$  – нормальная сила натяжения барабана и инерции;  $F_{бt}$ ,  $F_{ит}$  – касательная сила натяжения барабана и инерции

Тогда, по эту сторону приводного барабана часть сечения и масса ленты, расположенная на коническом торцевом участке окажется больше, чем по другую сторону. Силы натяжения барабана  $F_{б1}$  и  $F_{б2}$ , воспринимаемые соответствующими частями ленты, пропорциональны длине этих частей:  $F_{б2} > F_{б1}$ . Следовательно, лента будет сдвигаться в сторону большей части ее массы, в данном случае - вправо, т.е.

стремиться уйти в сторону от продольной оси конвейера и вообще сойти с барабана.

Обеспечение центрального движения ленты относительно продольной оси ленточного конвейера можно достигнуть с помощью новых конструкций барабанов. Для решения данного вопроса потребовался поэтапный анализ изучения проблемы и поиск технических решений, которые отражены в научных трудах и патентах Украины [10-12].

### Разработка и описание конструкции барабанов по патенту Украины № UA 3078.

Для обеспечения центрирования ленты на барабанах ленточного конвейера разработана новая конструкция, которая имеет вогнутую форму и состоит из рабочего центрального цилиндрического 1 и двух торцевых конических участков 2 (рис. 2, а) [10].

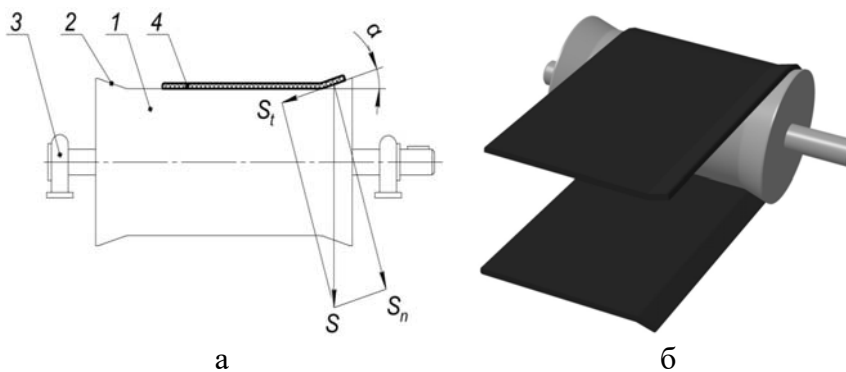


Рисунок 2 – Взаимодействие ленты и барабана ленточного конвейера: а) схема сил, действующих на ленту конвейера; б) смещение ленты на центрирующий криволинейный участок барабана; 1 – центральный цилиндрический участок; 2 – торцевой участок; 3 – подшипниковый узел; 4 – лента

Взаимодействие ленты и барабана данной конструкции показано на рис. 2, а. В данной конструкции, на забежавшую торцевую часть 2 барабана 1 ленты 4 действует тангенциальная центрирующая сила  $S_t$  (рис. 2, а), направленная к продольной оси конвейера.

Такая форма барабана предупреждает сход ленты с барабана за счет изменения направления сдвигающих сил на противоположные, по сравнению с выпуклой конструкцией. Центрирующая сила обеспечивает центральное движение ленты относительно продольной оси конвейера. Крутящий момент на барабан передается от приводного двигателя на ось барабана, установленную на подшипниковые узлы 3.

Преимущество данной конструкции в том, что благодаря конструктивной форме поверхности обеспечивается центрирование ленты, а также обеспечивается исключение поперечной растягивающей силы, которая способствует разрыву ленты.

### Разработка и описание конструкции барабанов по патенту Украины № UA 62968.

Для обеспечения центрирования ленты на барабанах ленточного конвейера разработана новая конструкция, которая имеет форму поверхности второго порядка (рис. 3) [11].

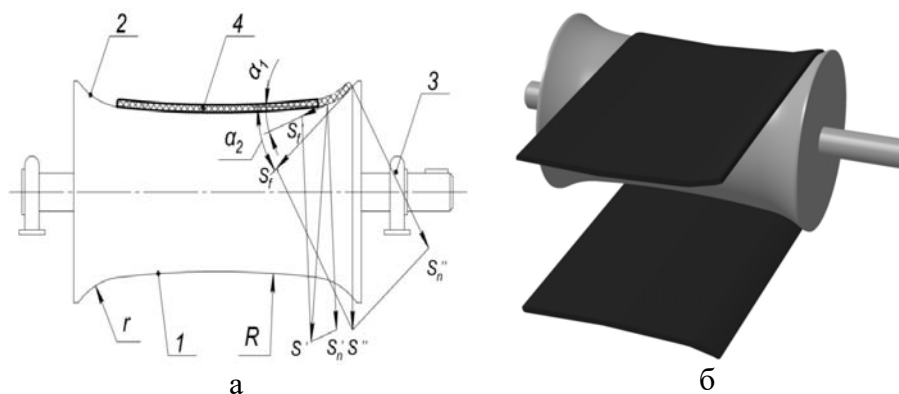


Рисунок 3 – Взаимодействие ленты и барабана ленточного конвейера: а) схема сил, действующих на ленту конвейера; б) смещение ленты на центрирующий криволинейный участок барабана; 1 – центральный криволинейный участок; 2 – торцевой криволинейный участок; 3 – подшипниковый узел; 4 – лента

Центральный участок барабана 1 имеет образующую большего радиуса  $R$ , а торцевые участки 2 – образующую меньшего радиуса  $r$  (рис. 3, а). Центральный и торцевые участки сопряжены между собой.

Характерной особенностью данной конструкции является увеличение угла наклона  $\alpha$  касательной к образующей рабочего участка профиля по мере продвижения к торцевому участку (рис. 3, а).

Согласно этому, с увеличением угла  $\alpha$  ( $\alpha_2 > \alpha_1$ ), увеличивается и тангенциальная сила  $S_t$  ( $S_t'' > S_t'$ ), которая возвращает ленту 4 в центральное ее положение.  $S'$  ( $S''$ ) – сила, действующая на одну из двух центрирующих торцевых участков барабана 2;  $S_n$  ( $S_n''$ ) – нормальная сила давления ленты на барабан. Крутящий момент на барабан передается от приводного двигателя на ось барабана, установленную на подшипниковые узлы 3.

### Разработка и описание конструкции барабанов по патенту Украины № UA45062.

Для обеспечения центрирования ленты на барабанах ленточного конвейера разработана новая конструкция барабанов, показанная на рис. 4 [12]. Непосредственно рабочей поверхностью барабана является горизонтальный участок 1, который сопряжен с центрирующими ленту торцевыми участками 2 (рис. 4, а). При этом, для выполнения функции центрирования ленты на барабане относительно продольной оси конвейера, торцевые участки имеют форму кривой второго порядка.

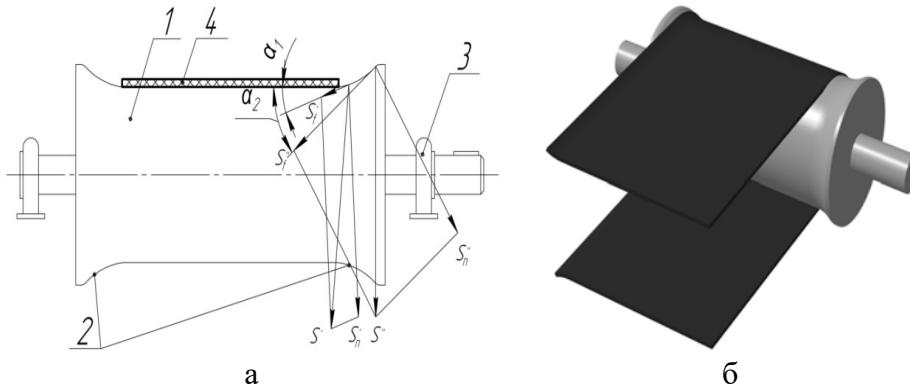


Рисунок 4 – Взаимодействие ленты и барабана ленточного конвейера: а) схема сил, действующих на ленту конвейера; б) смещение ленты на центрирующий криволинейный участок барабана; 1 – центральный горизонтальный участок; 2 – торцевой криволинейный участок; 3 – подшипниковый узел; 4 – лента

Обеспечение центрального движения ленты относительно продольной оси ленточного конвейера достигается за счет восстанавливающей силы, которая действует на ленту при ее смещении на центрирующий торцевой участок барабана (рис. 4).

Характерными особенностями такой конструкции является увеличение угла наклона  $\alpha$  касательной к образующей криволинейный участок профиля по мере смещения ленты к торцевому участку барабана. Согласно этому, с увеличением угла  $\alpha$  ( $\alpha_2 > \alpha_1$ ) увеличивается и тангенциальная сила  $S_t$  ( $S_t'' > S_t'$ ), которая возвращает ленту 4 в центральное ее положение.  $S'$  ( $S''$ ) – сила, действующая на одну из двух центрирующих торцевых участков барабана 2;  $S_n'$  ( $S_n''$ ) – нормальная сила давления ленты на барабан. Крутящий момент на барабан передается от приводного двигателя на ось барабана, установленную на подшипниковые узлы 3.

**Выбор и обоснование рациональной конструкции барабана.**

Разработанные новые конструкции барабанов имеют различную форму поверхности непосредственно рабочих и центрирующих участков. Преимущество данных конструкций состоит в том, что непосредственно рабочие участки, имеющие горизонтальную форму (по Патенту № UA3078, рис. 2 и по Патенту № UA45062, рис. 4) и вогнутую форму (по Патенту № UA62968, рис. 3) исключают появление растягивающей силы, способствующей разрыву ленты, а торцевые участки обеспечивают центрирование ленты на барабанах.

Условие для определения центрирующей силы новых конструкций барабанов определяется по формуле:

$$S_t = S \cdot \operatorname{tga}, \quad (1)$$

где  $S$  – усилие в ленте, Н;  $a$  – угол между образующей наклонного центрирующего участка барабана и центральным участком барабана (для барабана по Патенту № UA3078, рис. 2); угол между касательной к радиусу образующего криволинейный участок барабана и центральным участком барабана (для барабанов по Патенту № UA62968, рис. 3 и по Патенту № UA45062, рис. 4).

Для исследуемого ленточного конвейера с технической характеристикой, приведенной в табл. 1, приведены результаты расчетных основных параметров ленточного конвейера (табл. 2) и конструктивные параметры новой конструкции барабанов (табл. 3), показанной на рис. 4.

Таблица 1 – Заданные параметры исследуемого ленточного конвейера

Транс-портир. материал	Производительность, т/ч	Длина, м	Ширина ленты, мм	Скорость движения ленты, м/с	Угол наклона, град
Рудная смесь	500	91	800	1,25	15

Таблица 2 – Расчетные основные параметры исследуемого ленточного конвейера

Тяговое усилие в ленте, кН	Дополнит. динам-е нагрузки, кН	Значение сдвигающей силы, кН	Значение восстанавливающей силы, кН	Дополнит. натяжение ленты, %
27,5	7,1	10,4	11	0,5

Таблица 3 – Конструктивные параметры новой конструкции барабанов исследуемого ленточного конвейера

Диаметр барабана по горизонт. участку, мм	Диаметр барабана по торцевым участкам, мм	Радиус образ-й кривол-го участка, мм	Длина дуги кривол-х торцевых участков, мм	Угол $\alpha$ , град	Общая длина барабана, мм
800	842	280	108	22	1011

Из условия (1), описывающего функцию центрирующей силы, построен график зависимости силы  $S_i$  от угла  $\alpha$  центрирующих участков (рис. 5) и график зависимости смещения ленты на центрирующий участок % в зависимости от угла перекося барабана  $\alpha$  (экспериментальные данные), (рис. 6).

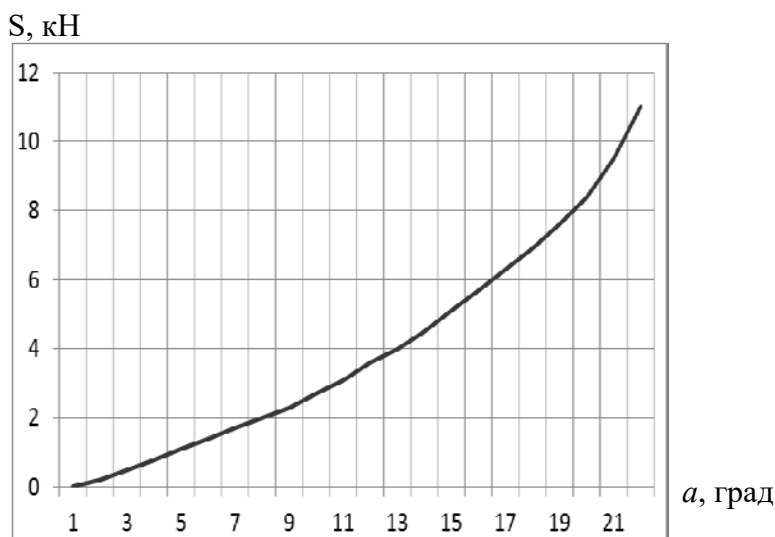


Рисунок 5 – График зависимости центрирующей силы  $S_i$  (кН) от угла  $\alpha$  (град) между касательной к радиусу образующего криволинейный участок барабана и центральным участком.

Оценивая анализируемые конструкции барабанов по центрирующей способности, барабаны по Патенту № UA62968, рис. 3 и по Патенту № UA45062, рис. 4 являются более эффективными. В свою очередь, конструкция барабанов по Патенту № UA45062, рис. 4 обладает преимуществом перед конструкцией барабана по Патенту № UA62968, рис. 3 с позиции равномерного натяжения ленты на рабочем (горизонтальном) участке барабана и конструкторского проектирования и промышленного изготовления.



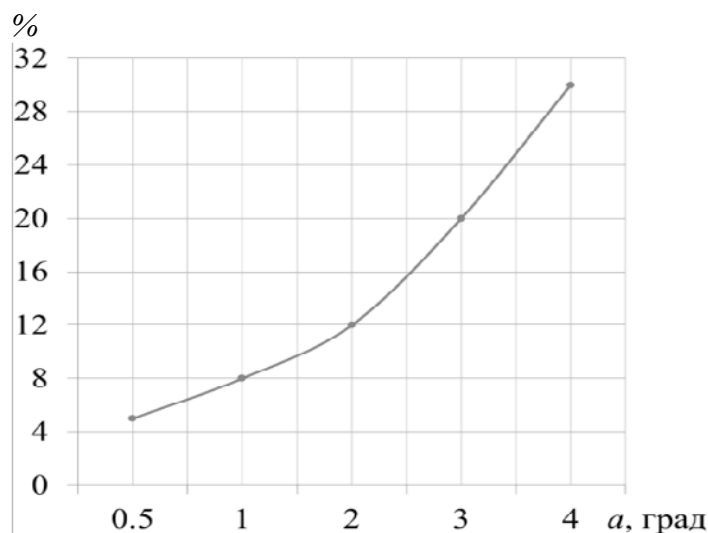


Рисунок 6 – График зависимости смещения ленты на центрирующий участок (%) в зависимости от угла  $a$ , (град) перекоса барабана

На основании анализа разработанных новых конструкций барабанов, учитывая центрирующую способность и проектно-конструкторские решения можно сделать вывод, что более рациональной конструкцией являются барабаны по Патенту № UA45062, рис. 4.

#### ВЫВОДЫ

1. Разработаны новые конструкции барабанов ленточного конвейера, которые обеспечивают само центрирование ленты во время работы (барабаны вогнутой формы, барабаны с обратно конусной и параболической формой торцевых участков). Научно обоснован эффект само центрирования ленты барабанами такой формы за счет создания поперечной силы соответствующего направления и использования жесткости ленты.

2. Установлено, что барабаны с обратно конусной формой торцевых участков обладают центрирующей силой относительно постоянного характера, а барабаны с круглой и параболической формой торцевых участков обладают центрирующей силой переменного характера, т.е. способной возрасти по мере смещения ленты.

3. Установлено, что обеспечение само центрирования транспортной ленты барабанами предложенных конструкций позволяет устранить повреждаемость бортов ленты, снизить повреждения обкладок, а также число поперечных и продольных разрушений ленты, и на этой основе повысить долговечность ленты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины / М.П. Александров // Учеб. для машиностроит. спец. вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1985. – 520с.
2. Покушалов М.П. Исследование и выбор способов центрирования конвейерных лент / М.П. Покушалов // Горнорудные машины и автоматика. – М.: Недра, 1967. – С. 58-63.
3. Дмитриев В.Г. Исследование боковых смещений ленты порожняковой ветви конвейера, оборудованной центрирующими роликоопорами / В.Г. Дмитриев. А.А. Реутов // Горный журнал. – 1980. – №11. – С. 43–47.
4. Дмитриев В.Г. Анализ поперечного движения ленты на ставе конвейера / В.Г. Дмитриев // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1974. Вып. 1. – С. 102 – 109.
5. Спиваковский А.О. Теоретические основы расчета ленточных конвейеров / А.О. Спиваковский, В.Г. Дмитриев. – М.: Наука, 1977. – 152с.
6. Яхонтов Ю.А. Техничко-экономическая оценка эффективности применения подвесных роликоопор для улучшения центрирования движения ленты конвейера / Ю.А. Яхонтов // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1977. Вып. 3. – С. 114 – 117.
7. Яхонтов Ю.А. Боковой сход грузовой ветви ленты / Ю.А. Яхонтов // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: 1974. – Вып.1. – С. 113-116.
8. Яхонтов Ю.А. Сравнение действия поперечных сил при боковом сходе ленты на ставах с жесткими и подвесными роликоопорами / Ю.А. Яхонтов // Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1974. Вып. 1. – С. 110-113.
9. Шахмейстер Л.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1987. – 336с.
10. Деклараційний Патент №3078 України / 7 В65G15/28. Привідний барабан стрічкового конвеєра / Щеглов О.М., Кіпрєєв О.І., Гринько П.А. (Україна) // № 2004010142. – Заявл. 09.01.2004; опубл. 15.10.2004, Бюл. №10. – 4с.
11. Патент №62968 України, МПК В65G 15/28. Барабан стрічкового конвеєра / Гринько П.А., Семенюк В.Ф., Щеглов О.М. (Україна) // № u201101587. – Заявл. 11.02.2011; опубл. 26.09.2011, Бюл. №18. – 4с.
12. Патент №45062 України / МПК В65G 15/00. Барабан стрічкового конвеєра / Щеглов О.М., Суглобов В.В., Гринько П.А. (Україна) // № u200904862. – Заявл. 18.05.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. №20. – 4с.