MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2015. Vol.17. No.4. 107-115

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНВЕЙЕРОВ С РАСШИРЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Иван Гевко[1], Олег Ляшук[1], Андрей Дячун[1], Андрей Довбиш[2]

[1]Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя
Ул. Русская 56,. Тернополь, Украина, E-mail: oleg-lashyk@rambler.ru
[2]ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»,
ул. Вокзальная, 11, Глеваха, Украина.

Ivan Gevko[1], Oleh Lyashuk[1], Andrii Djachun[1], Andriy Dovbush[2]

[1]Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
Ruska str., 56, Ternopil, Ukraine. E-mail: oleg-lashyk@rambler.ru
[2]NSC Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture
Vokzalna Str., 11, t. Glevaha, Ukraine

Аннотация. Разработана модель выбора конструктивных конвейеров для транспортировки сельскохозяйственных материалов по криволинейным траекториям с учетом вероятных объемов расходов, возникающих вследствие повреждения материала, совокупных расходов, которые включают себестоимость изготовления, эксплуатации, технический осмотр и ремонт.

Проведен синтез рабочих органов конвейеров методом иерархических групп с помощью морфологического анализа. Обосновано, что выбор варианта конструкции рабочих органов в первую очередь зависит от характера исполнения процесса и нагрузки на рабочий орган. Поэтому, исходя из необходимости обеспечения проектирования рабочих органов можно ограничить количество вариантов конструктивных решений и сгенерировать значительное количество трудоспособных конструкций конвейеров для транспортировки сыпучих материалов по криволинейным трассам. Установлено, что потери от повреждения транспортировки материалов при их перегрузки бывают в десятки раз выше совокупную стоимость конвейера.

Ключевые слова: конвейер, эксплуатация, ремонт, себестоимость.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На данное время проектирования и расчеты транспортно-технологических механизмов проводится за типичными схемами без учета особенностей и специфики производства, в частности сельскохозяйственного.

Современный стан развития транспортно-технологических механизмов непрерывного действия сельскохозяйственного назначения требует поиска новых путей улучшения технологических и эксплуатационных параметров рабочих органов, которые дают возможность повысить производительность и улучшить качество транспортных процессов с целью уменьшения травмирования семенных материалов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросом конструирования и синтеза механизмов с винтовыми рабочими органами посвящены работы П.Г. Василенко, А.А. Вайнсона, А.А. Омельченко, А.Г. Григорьева, П.А. Преображенского, Р.Л. Зенкова [7], Б.М. Гевка, Р.М. Рогатинського [13], Р.Б. Гевко [5]. Однако вопросу, который связан с особенностями экономического обоснования выбора конвейеров для транспортировки сыпучих грузов по криволинейным траекториям, не отводилось надлежащего внимания и оно нуждается в дальнейшем исследовании.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является разработка модели выбора конвейеров для транспортировки сыпучих грузов по криволинейным траекториям с выбором рациональных конструкций.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для обоснования выбора транспортеров для транспортировки сыпучих грузов по криволинейным траекториям проведем их сравнительный технико-экономический анализ. К таким транспортерам можно отнести трубчатые скребковые, пневматические, жесткие сборные (составляются с двух и больше перегрузочных узлов) и гибкие винтовые конвейеры. Разрабатывая данную модель сначала определим стоимость этих конвейеров.

При структурному синтезе и проектировании транспортно-технологических механизмов (ТТМ), а также их оптимизации, необходимо сгенерировать множество компоновок ТТМ, которая бы максимально отвечала функциональному назначению механизма при минимальных затратах [10, 12]. При этом для выполнения многих функциональных операций с использованием ТТМ определяющей есть транспортирующая способность рабочего органа (РО), что определяется производительностью, дли-

ной и сложностью траектории транспортировки [7, 9, 13].

Для облегчения создания оригинальных схем компоновок канатных и винтовых механизмов, которые бы удовлетворяли выполнение функциональных операций, проведено кодирования функций пользуясь прописными буквами алфавита: «А» – продольная транспортировка; «Б» - смешивание; «В» - дозирования; «Г» - поштучное подавание; «Д» – калиброваниe; «Е» - строгание; «Ж» - измельчение. При использовании данной методики кодирования отдельным конструкциям будут закладывать выполнение нескольких операций, например: «БА» – смешивание и транспортировка, «АЕЖ» - транспортировка, прессование и измельчение. Дальше проведем кодирование направления расположения элементов конструкции: горизонтальное – не кодируется; вертикальное – «а»; наклоненное – «б»; сменное – «в».

При этом используем следующую схему кодирования совокупностей конструктивных элементов (КЕ) с использованием символа «и» (где «и» меняется в пределах от 1 до 1000):

- $1_и$ – поводы (електро-, пневмо-, вибро-, гидроприводы разной стоимости, образа крепления, мощности и частоты обращения);
- $2_и$ – передачи и редукторы (вариаторы, редукторы, зубчатые, ремни, цепи, фрикционные передачи с разным передаточным отношением, разной стоимости, качества, конструктивного выполнения);
- $3_и$ – предупредительные и упругие муфты (разных конструкций, функциональных возможностей, цены);
- $4_и$ – элементы управления (електропереключатели, кабеля, ПК, ЧПК, пульты, частотные преобразователи и т.п.).
- $5_и$ – трубопровод (открытые-закрытые, гибкий-жесткий);
- $6_и$ – элементы загрузки и разгрузки - (разных конструкций, типоразмеров, функциональных возможностей и цены);
- $7_и$ – элементы соединительные и опорно-поворотные (разных конструкций);
- $8_и$ – рабочие органы (разных конструкций, типоразмеров, функциональных возможностей);

Если в конструкции содержится несколько КЕ одного вида, то их количество записывается соответствующей степенью, например: 2 двигателя – $(1_и)^2$; три рабочих органа - $(8_и)^3$. Это касается и элементов загрузки, пересыпа и разгрузки, если в конструкции их отдельных видов есть больше одного.

Следующим шагом выбора конвейеров есть генерация их рациональных компоновочных схем (табл. 1), исходя из нужды выполнения необходимых функциональных операций. При этом следует учесть взаимосвязь конструктивных характеристик и соответствие выполнению функциональных операций.

Из каждой компоновочной схемы, представленных в табл. 1, может быть генерированное значительное количество соответствующих конструкций (ТТМ) на которые получены патенты Украины [15-20]. Общее количество компоновочных схем может быть увеличенная. При генерировании конструкций нужно учитывать, что себестоимость изготовления каждой созданной будет зависеть от типа производства, стоимости покупки или изготовление КЕ, (поводы, передачи и редукторы, предупредительные и упругие муфты, винтовые рабочие органы, трубопровод, элементы загрузки и разгрузки, элементы соединительные и поворотные, элементы управления), а также стоимости их составление.

Соответствие разных компоновок рабочих органов ТТМ 8 основным функциональным операциям приведенная в табл. 2, из которой видно, что комбинированные конвейеры с расширенными технологическими возможностями.

Итак, базовым в конструкции ТТМ есть РО, который есть сложнейшим и нуждается в изготовлении. В отдельных случаях конструктивные элементы (КЕ) являются стандартными или нескладными в изготовлении. Соответственно, если стоимость всей конструкции принять за 100%, то стоимость отдельных КЕ ориентировочно будет представлять: $1_и$ – 5…25%; $2_и$ – 0,5…15%; $3_и$ – 0,5…10%; $8_и$ – 1…45%, $5_и$ – 2…30%; $6_и$ – 0,5…5%; $7_и$ – 5…40%; $8_и$ – 20…50%.

При проектировании ТТМ в конструкции нужно первым закладывать КЕ $8_и$, дальше КЕ $5_и$ и $6_и$, а следующими группу КЕ $1_и$, $2_и$, $3_и$, $4_и$ и КЕ $7_и$. При расчетов конструкций конвейеров нужно учитывать, что их себестоимость будет зависеть от типа производства, стоимости покупки или изготовление отдельных конструктивных элементов, (поводов, редукторов, предупредительных или упругих муфт, передач, рабочих органов, желобов, элементов управления, разгрузку, соединительных и поворотных и т.п.), а также стоимости составления самых конвейеров.

Следующий этап выбора есть оценка показателей характеристик качества каждой конструкции из общей базы синтезированных, исходя из технических характеристик таблица 3.

Таблица 1. Рациональные компоновочные схемы для выполнения разных функциональных операций и их коды

Table 1. Rational component schemes for performing different functional operations and their codes

Код операции	Код ТТМ	Схема с кодами конструктивных элементов	Рабочий орган
1,3	$АБ_a(1_i)^2 2_i 3_i 4_i 5_i (6_i)^3 7_i 8_i$		8_1 8_5 $(8_2)_2$
1,3,4,7	$АБД_a 1_i 2_i 3_i 4_i 5_i (6i)^2 7_i 8_i$		8_1 8_7
1,2,3,4,7	$АВД_a E(1_i)^3 2_i 3_i (4_i)^3 5_i (6_i)^4 7_i 8_i$		8_6 8_8
1,2,3,4,5,7	$АБВД_a E(1_i)^4 2_i 3_i (4_i)^4 5_i (6_i)^5 7_i 8_i$		8_1 8_8 8_6
1,3,6,7	$АБД_в(1_i)^2 2_i 3_i (4_i)^2 5_i (6^i)^2 7_i 8_i$		8_8 8_7
1,4,5	$АД_в 1_i 2_i 3_i 4_i 6_i (7_i)^2 8_i$		8_1 8_8 $(8_3)^2$

Таблица 2.Основные функциональные операции
Table 2. Principle functional operations

Код операции	Функциональные операции	Рабочий материал	Основные оптимизацонные параметры*
1	Продольная транспортировка	Сыпучий, вязко-пластический	Q → max; C → min
2	Смешивание	Сыпучий, вязко-пластический	Q → max; K_o→ max; C → min
3	Дозирование	Сыпучий, кусковой, вязко-пластический	dq/dt→ max; Q → max; C → min
4	Поштучное подавание	Поштучный	Q → max; dq/dt → max; C → min
5	Калиброваниe	Сыпучий, поштучный	Q → max; C → min
6	Строгание	Поштучный	Q → max; $K_я$→ max; C → min
7	Измельчение	Кусковой, поштучный	Q → max; $K_я$→ max; C → min

Таблица 3. Оценка показателей характеристик качества ТТМ
Table 3. Estimation of data of the TTM quality characteristics

Значение фактора (∑100)	Факторы качественных характеристик ТТМ
1..95	Производительность
50..95	Однородность смешивания
60..95	Точность дозирования
30..95	Потери (повреждение)
50..95	Принадлежности к фракции
40..95	Равномерность
1..95	Скорость прохождения процесса
1..95	Длина транспортировки
1..95	Траектория транспортировки
1..95	Мобильность изменения траектории транспортировки
1..30	Сложность монтажа-демонтажа
10..95	Безопасность при эксплуатации
10..60	Сложность (простота) загрузка-разгрузку
20..90	Срок пригодности
10..90	Надежность
15..50	Габаритные размеры
5..60	Материалоемкость
5..70	Энергоемкость

Определение себестоимости любого конвейера можно осуществлять за формулой:

$$C_B = k_{тр-з} \cdot \sum_{n=1}^{m} B_n + \sum_{r=1}^{t} C_r + \sum_{y=1}^{o} C_y + \\ + k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_з \cdot T_h, \quad (1)$$

где: $k_{тр-с}$ – коэффициент, который учитывает транспортно-заготовительные затраты, $k_{тр-с}$ = 1,05…1,15; B_n – стоимость стандартных КЕ, что закупаются (электродвигателей, редукторов, элементов управления и т.п.), грн.; C_r – себестоимость типичных КЕ, что изготовляются из сортового металлопроката (желобов, элементов разгрузки, соединительных и опорно-поворотных элементов и т.п.), грн.; C_y – себестоимость оригинальных КЕ (рабочих органов, специальных муфт и т.п.), грн.; *m*, *t*, *об!* соответственно количество стандартных, типичных и оригинальных КЕ, шт.; $k_{допл}$ – коэффициент доплат, $k_{допл}$ = 1,25…1,3; $k_{дод}$ – коэффициент дополнительной заработной платы основных рабочих, $k_{дод}$ = 1,03…1,1; $k_{нар}$ – коэффициент, который учитывает отчисление на социальное страхование, $k_{нар}$ = 1,38…1,39; $c_з$ – средневзвешенная почасовая тарифная ставка основных рабочих, которые заняты составлениям конвейера, грн.; T_h – трудоемкость составления и налаживание конвейера, нормогод.

Как правило, стандартные КЕ закупаются на рынке или напрямую у заводов-изготовителей (электродвигатели, редукторы, элементы управле-

ния, силовые кабели и т.п.). Расчеты производственной себестоимости типичных КЕ напрямую связанный с материальными затратами на них изготовление и укрупнено определяется по формуле:

$$C_r = k_{сер} \cdot k_{вв} \cdot k_{тр-з} \cdot m_м \cdot Ц_м - m_в \cdot Ц_в, \quad (2)$$

где: $k_{сер}$ – коэффициент серийности, которая учитывает объемы изготовления КЕ, для единичного производства: $k_{сер\ от}$ = 1,25…1,5, для серийного производства: $k_{сер\ с}$= 1,01…1,25, для массового производства: $k_{серм}$ =1; $k_{вв}$ – коэффициент, который учитывает отношение затрат при изготовлении КЕ: производственная себестоимость / затраты на материалы, $k_{вв}$ = 1,35…2; $m_м$ – масса сортового металлопроката, который используется для изготовления КЕ, кг; $Ц_м$– усредненная цена сортового металлопроката, грн.; $m_в$ – масса отходов из металлопроката, кг; $Ц_в$– усредненная цена отходов из металлопроката, грн.

При расчетов производственной себестоимости оригинальных КЕ нужно учитывать затраты на основные и вспомогательные материалы, основную и вспомогательную заработную плату и начисление на них, а также энергию для технологических целей и общепроизводственные затраты. Расчеты их производственной себестоимости направления связан с типом производства, технологией изготовления и материальными затратами на них изготовление, и может быть проведенный за формулой:

$$C_y = k_{сер} \cdot k_{скл} \cdot ((k_{тр-з} \cdot k_{дм} \times \quad (3)$$
$$\times (\sum_{z=1}^{l} n_z \cdot Ц_z + \sum_{j=1}^{q} m_j \cdot Ц_j - \sum_{j=1}^{q} m_{вj} \cdot Ц_{вj}) + (k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} + k_{зв})$$
$$\cdot (c_1 \cdot \sum_{e=1}^{w} T_e + c_2 \cdot T_r) + k_{вен} \cdot \sum_{j=1}^{q} m_j \cdot Ц_j)$$

где: $k_{скл}$ – коэффициент, который учитывает конструктивную сложность изготовления КЕ, $k_{скл}$ = 1…1,5; $k_{дм}$ – коэффициент, который учитывает затраты на дополнительные материалы, $k_{дм}$ = 1,01…1,05; l – количество видов комплектующих, которые используются для изготовления КЕ; nz – количество комплектующих z-*го* вида, которые используются для изготовления КЕ; $Ц_z$ – цена комплектующей z-*го* вида, грн.; q – количество материалов, которые используются для изготовления КЕ; m_j – масса материала j-*го* вида, который используется для изготовления КЕ, кг; $Ц_j$ – цена материала j-*го* вида, который используется для изготовления КЕ, грн.; $m_{вj}$ – масса отходов материала j-*го* вида, кг; $Ц_{вj}$ – цена отходов материала j-*го* вида, грн.; $k_{зв}$ – коэффициент, который учитывает общепроизодственные затраты при изготовлении КЕ, $k_{зв}$ =1,4…1,8; c_1, c_2 – средневзвешенная почасовая тарифная ставка основных рабочих, которые, соответственно, занятые изготовлением деталей для КЕ и его составлением, грн.; w – количество видов деталей, которые изготовляются для КЕ; T_e – трудоемкость механической обработки е-*го* вида деталей КЕ, норма/ч.; Tr – трудоемкость составления и налаживание КЕ, норма/ч.; $k_{вен}$ – коэффициент, который учитывает затраты на энергию для технологических целей при изготовлении КЕ, $k_{вен}$ =1,05…1,2.

Частичные решения при определении себестоимости отдельных видов конвейеров являются следующими (в приведенных формулах стоимость предупредительных или упругих муфт являются стандартными, но нужно учитывать, что они могут быть также и типичными или оригинальными КЕ).

Определение себестоимости трубчатого скребкового конвейера (ТСК) можно проводить за формулой:

$$C_{ТСК} = k_{тр-з} \cdot (B_{пТСК1} + B_{пТСК2} + B_{пТСК3} + B_{пТСК4}) +$$
$$+C_{rТСК5} + C_{rТСК6} + C_{rТСК7} + i_{ТСК} \cdot C_{yТСК8} + \quad , (4)$$
$$+C_{yТСК9} + k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_3 \cdot T_h$$

где: $B_{пТСК1}$ – стоимость повода (электродвигателя), грн.; $B_{пТСК2}$ – стоимость редуктора, грн.; $B_{пТСК3}$ – стоимость предупредительной (упругой) муфты, грн.; $B_{пТСК4}$ – стоимость элементов управления, грн.; $C_{rТСК5}$ – себестоимость желоба, грн.; $C_{rТСК6}$ – себестоимость элементов разгрузки, грн.; $C_{rТСК7}$ – себестоимость соединительных и опорно-поворотных элементов, грн.; $i_{ТСК}$ – количество передач (специальных звездочек с креплением), шт.; $C_{yТСК8}$ – себестоимость передач, грн.; $C_{yТСК9}$ – себестоимость рабочего органа ТСК, грн.

Определение себестоимости гибкого винтового конвейера (ГГК) можно проводить за формулой:

$$C_{ГГК} = k_{тр-з} \cdot (B_{пГГК1} + B_{пГГК2} +$$
$$+B_{пГГК3} + B_{пГГК4} + B_{пГГК5}) + C_{rГГК6} + \quad , (5)$$
$$C_{rГГК7} + C_{yГГК8} + k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_3 \cdot T_h$$

где: $B_{пГГК1}$ – стоимость повода (электродвигателя), грн.; $B_{пГГК2}$ – стоимость передачи или редуктора, грн.; $B_{пГГК3}$ – стоимость предупредительной (упруго-предупредительной) муфты, грн.; $B_{пГГК4}$ – стоимость элементов управления, грн.; $B_{пГГК5}$ – стоимость гибкого трубопровода, грн.; $C_{rГГК6}$ – себестоимость элементов загрузки, пересыпа и разгрузку, грн.; $C_{rГГК7}$ – себестоимость соединительных и опорно-поворотных элементов, грн.; $C_{yГГК8}$ – себестоимость гибкого винтового рабочего органа ГГК, грн.

Определение себестоимости жесткого сложного винтового конвейера (ГК) можно проводить за формулой:

$$C_{ГК} = k_{тр-з} \cdot (B_{пГ1} + B_{пГ2} + B_{пГ3} +$$
$$+B_{пГ4}) + i_{ГК} \cdot C_{rГ5} + C_{rГ6} + C_{rГ7} + \quad , (6)$$
$$+i_{ГК} \cdot C_{yГ8} + k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_3 \cdot T_h$$

где: $B_{пГ1}$ – стоимость повода (электродвигателя), грн.; $B_{пГ2}$ – стоимость передачи или редуктора, грн.; $B_{пГ3}$ – стоимость предупредительной (упругой) муфты, грн.; $B_{пГ4}$ – стоимость элементов управления, грн.; $i_{ГК}$ – количество желобов (шнеков), шт.; $C_{гГ5}$ – себестоимость желоба, грн.; $C_{гГ6}$ – себестоимость элементов загрузки, пересыпа и разгрузку, грн.; $C_{гГ7}$ – себестоимость соединительных и опорно-поворотных элементов, грн.; $C_{уГ8}$ – себестоимость жесткого шнека ГК, грн.

Определение себестоимости гибкого пневматического конвейера (ПК) можно проводить за формулой:

$$C_{ПК} = k_{тр-з} \cdot (B_{пП1} + B_{пП2} + B_{пП3}) + C_{гП4} + C_{гП5} + C_{уП6} + C_{уП7} + k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot c_3 \cdot T_h, \quad (7)$$

где: $B_{пП1}$ – стоимость компрессора (турбомашины, вакуум-насоса), грн.; $B_{пП2}$ – стоимость гибкого трубопровода, грн.; $B_{пП3}$ – стоимость элементов управления, грн., $C_{гП4}$ – себестоимость соединительных и опорно-поворотных элементов, грн.; $C_{гП5}$ – себестоимость жесткого трубопровода, грн.; $C_{уП6}$ – себестоимость элементов загрузки (всасывательного наконечника, питателя, шлюзового затвору и т.п.), грн.; $C_{уП7}$ – себестоимость элементов пересыпа, грн.

Эксплуатационные затраты при использовании трубчатых скребковых, пневматических и гибких и жестких сложных винтовых конвейеров за весь срок будут состоять из 4-х видов затрат: энергетических; на основную и вспомогательную заработную плату операторов и начисление на них; связанных с повреждением части продукции во время выполнения технологических процессов; на монтаж-демонтаж. Все указанные виды эксплуатационных затрат для объективности расчетов (учитывая фактор изменения стоимости денег во времени) целесообразно свести за весь период к 1-го года. Эксплуатационные затраты укрупнено определяются по формуле [1]:

$$C_E = \sum_{t=1}^{x} (k_{вик} \cdot k_{зм} \cdot k_{пот} \cdot P_{вст} \cdot Ц_{ен} \cdot Ф_{ефо} + k_{вик} \cdot k_{зм} \cdot c_4 \cdot N_{оп} \cdot k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \cdot Ф_{ефр} + k_{вик} \cdot k_{зм} \cdot P_{пошк} \cdot m_{вант} \cdot Ц_{ен} \cdot Ф_{ефо} + N_{скл} \cdot c_5 \cdot k_{допл} \cdot k_{дод} \cdot k_{нар} \times (N_м \cdot T_b + N_д \cdot T_d)) / (1+u)^t, \quad (8)$$

где: t – номер года использования; x – срок эксплуатации конвейера, года; $k_{вик}$ – коэффициент использования за изменение в течение года; $k_{зм}$ – количество изменений использования, $k_{зм}$: 1, 2, 3; $k_{пот}$ – коэффициент использования поводов по мощности, $k_{пот}$ = 0,65…0,95; $P_{вст}$ – суммарная мощность энергооборудования, кВт; $Ц_{ен}$ – цена единицы энергетических ресурсов, грн./кВт.; $Ф_{ефо}$ – эффективный фонд времени работы на плановый период на протяжении изменения, ч. ($Ф_{ефо}$ =1970 ч.); c_4 – средневзвешенная почасовая тарифная ставка операторов, которые заняты в производственном процессе с использованием конвейеров, грн.; $N_{оп}$ – количество операторов, чол.; $Ф_{ефр}$ – эффективный фонд рабочего времени одного оператора, ч. ($Ф_{ефр}$ =1860 ч.); $P_{пошк}$ – вероятность повреждения части продукции во время выполнения транспортно-технологических процессов; $m_{вант}$ – масса перегруженного груза на протяжении одной часы, кг; $Ц_{ен}$ – стоимость груза, грн./кг; $N_{скл}$ – количество работников, которые заняты в процессе монтажа-демонтажа, чол.; c_4 – средневзвешенная почасовая тарифная ставка работников, которые заняты процессом монтажа-демонтажа, грн.; $N_м$, $N_д$ – соответственно количество монтажей и демонтажей в течение года; T_b, T_d – соответственно трудоемкость одного монтажа и демонтажа, норма/год.; u – пруда учитывания, u = 0,2…0,4.

Затраты на технический обзор и ремонт конвейеров за весь срок эксплуатации укрупнено определяются по формуле [1]:

$$C_{ТО} = \sum_{t=1}^{x} (C_B \cdot k_{пс} \cdot k_{пдв} \cdot k_{пр}) / (1+u)^t, \quad (9)$$

где: $k_{пс}$ – коэффициент перевода производственной себестоимости в полную (учитывает величину административных и внепроизводственных затрат), $k_{пс}$ = 1,1…1,7; $k_{под}$ – коэффициент, который учитывает величину налога на добавленную стоимость; $k_{пр}$ – коэффициент годового отчисления на ТО и ремонт, $k_{пр}$ = 1,05…1,2.

Теперь обоснуем объемы потерь, вызванных повреждением ценных продуктов при перегрузке. Для примера рассмотрим семенной зерновой материал. Так при транспортировке семян жесткими винтовыми конвейерами происходит повреждения (травмировании) в пределах 1,2…1,75% [2, 8]. При использовании пневматических и гибких винтовых конвейеров для перегрузки семян его повреждения происходит в пределах 1,4…4% (табл. 1). Меньше всего травмирование семенного материала происходит при него перегрузке по криволинейным траекториям трубчатыми скребковыми конвейерами - 0,37…0,5% (табл. 4) [4, 11, 14]. При расчетах мы пренебрегаем дальнейшими потерями, которые будут вызваны недополучением урожая, который связано с внесением в грунт поврежденного семян [8]. Результаты укрупненных расчетов потерь семян при транспортировке, которые связаны с травмированием, с учетом их усредненной цены (на 01.01.2014 г.: пшеница – 1980 грн./т; соя – 4050 грн./т; кукуруза – 1440 грн./т) представлено в табл. 4.

Таблица 4. Потери семян при транспортировке по криволинейным траекториям разными видами конвейеров

Table 4. Seeds losses while transporting along the curvilinear trajectories of different type conveyers

Тип конвейера	Производительность конвейера, т/ч.			Повреждение семян при транспортировке, %			Потери семян связаны с него повреждением, грн.					
							часовые			годовые (одно изменение)		
	пшеница	кукурудза	соя	пшеница	кукурудза	соя	пшеница	кукурудза	соя	пшеница	кукурудза	соя
Трубчатый скребковый	3,97	4,2	5,2	0,37	0,41	0,5	29,08	24,80	105,3	57296	48850	207441
Гибкий винтовой	6,1	8,05	12,9	1,96	1,41	2,18	236,73	163,45	1138,9	466356	321991	2243714
Жесткий винтовой	7,4	8,73	13,4	1,53	1,2	1,75	224,18	150,85	949,73	441625	297183	1870958
Гибкий пневматический	5,31	5,69	6,2	2,02	1,2	4,03	212,38	98,32	1011,9	418386	193697	1993508

Таблица 5. Затраты при применении конвейеров для транспортировки по криволинейным траекториям семян

Table 5. Expenditures while using conveyers for seeds transporting along curvilinear trajectories

Тип конвейера	Затраты, грн.					Затраты с учетом повреждения, грн.					
	цена	експлуатацийни		на ТО и ремонт		часовые			годовые (одно изменение)		
		год.	годовые	год.	годовые	пшеница	кукурудза	соя	пшеница	кукурудза	соя
Трубчатый скребковый	10170	2,51	4941,9	0,77	1526	33,11	28,82	109,33	65229	56783	215374
Гибкий винтовой	7100	4,51	8874,9	0,54	1065	242,5	169,21	1144,71	477716	333351	2255074
Жесткий винтовой	9800	2,49	4900,5	0,75	1470	228,4	155,08	953,96	449956	305514	1879289
Гибкий пневматический	15000	8,11	15977,3	1,14	2250	223,15	109,1	1022,71	439613,3	214924,3	2014735,3

Укрупненные совокупные затраты (себестоимость изготовления, эксплуатации, технического обзора и ремонта) при применении конвейеров для транспортировки по криволинейным траекториям семена представлено в табл. 5. При этом расчеты годовых совокупных затрат проводился с учетом того, что срок эксплуатации всех конвейеров составляет 5 лет и в расчетах принималась пятая часть начальной стоимости конвейеров.

Как видно из таблиц 4 и 5, потери семян при транспортировке, связанные с него повреждением, в несколько раз (от 2 до 45) являются высшими, чем совокупная стоимость (покупательная цена, стоимость эксплуатации, технический обзор и ремонта за весь срок функционирования) транспортеров.

Конечный выбор конвейера для транспортировки сыпучих грузов по криволинейным траекториям из имеющихся альтернатив можно осуществлять за формулой:

$$A = C_B + C_E + C_{TO} + \sum_{t=1}^{x} (B_M \cdot k_{iм}) / (1+u)^t, \quad (10)$$

где: $B_м$ – вероятный годовой объем потерь, которые возникают вследствие повреждения транспортированного материала; $k_{iм}$ – коэффициент, который учитывает объем транспортирующих материалов, в которых возникают потери в общем объеме в течение года, $k_{iм} = 0…1$.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что потери от повреждения транспортировки материалов при них перегрузка бывают в десятки раз высшими за совокупную стоимость конвейера.

2. Разработанная модель выбора рациональных конструкций конвейера для транспортировки сыпучих сельскохозяйственных материалов по криволинейных трасах с учетом суммарных потерь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гевко И.Б., Оксентюк А.О., Галущак М.П. 2008.** Организация производства: теория и практика: учебник. – К. : Кондор. – 178 с. (Украина)
2. **Гевко И.Б. Гевко Б.М. 2010.** Управление процессом разработки и освоения производства новых изделий: учебник – Тернополь : ТДТУ имени Ивана Пулюя. – 199 с. (Украина)
3. **Гевко И.Б. 2013.** Научно-прикладные основы создания винтовых транспортно-технологических механизмов: Автореф. дис. на получение наук. степени доктора техн. наук: спец. 05. 02.02 «Машиноведение» / И.Б. Гевко. – Львов. – 42. (Украина).
4. **Гевко И., Ляшук А., Тарасюк Ю. 2014.** Обоснование экономической эффективности использования конвейеров при транспортировке семенного материала по криволинейным траекториям Висник ТНТУ – Тернополь: ТНТУ, – Том 74. – № 2. – 137-143. (Украина).
5. **Gevko R.B. 2011.** Obgruntuvannya parametriv konstruktsiyi robochogo organu shaybovogo transportera. Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tehnichnogo universitetu Imeni Petra Vasilenka. – Vipusk 114. –241-246.
6. **Gevko I.B., Lyashuk O.L., Rogatinska L.R., Zolotuy R.Z., Lyubachivskyy R.O. 2013.** Investigation of the radius of bending for flexible screw sectional conveyer. International symposium: ISB-INMA TEH'2013. «Agricultural and Mechanical Engineering» 175-182, Bucharest. ISIN 2344-4118.
7. **Zenkov R.L. 1980.** Mashiny nepreryvnogo transporta. – M.: Mashinostroenie, – 367.
8. **Кроп Л.И. 1974.** Обработка и хранение семенного зерна. – Москва: "Колос", – 176.
9. **Loveykin V.S. 2011.** Bagatomasova model dinamiki ruhu kormozmishuvacha gvintovogo tipu zi zminnim oporom // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 124-129.
10. **Ляшук А.Л., Бадищук В.И., Олексишин А.А. 2013.** Синтез транспортно-технологических систем с гибким канатным и цепным рабочим органам [Текст] // Сборник научных статей. Луцкий национальный технический университет Выпуск 21 том 1 «Сельскохозяйственные машины» Луцк. – 251-261. (Украина).
11. **Oleg Lyashuk Andriy Dyachun, Roman Zolotuy, Olexandr Oleksyshyn, Yroslav Zamora, Zdenko Tkáč. 2013.** Results of Experimental Research of Granular Materials Transportation by Tubular Scraper Conveyors. In acta technologica agriculturae, no. 4, p.101-105, Nitra, Slovak Republic. ISBN 1335-2555.
12. **Ляшук А.Л., Любачивский Р.А., Кучвара И.М. 2013.** Структурный синтез винтовых рабочих органов механизмов машин. [Текст] / А.Л. Ляшук, // Вестник машиностроения Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»: серия «Машиностроение». – № 68. – 25-31. (Украина).
13. **Рогатинский Р., Гевко И. 2012.** Модель конструирования и выбора винтовых конвейеров с расширенными технологическими возможностями Вестник ТНТУ. – № 3 (67). – 197-210. (Украина).
14. **Sirotyuk V.M. 2011.** Eksperimentalne doslidzhennya rezhimiv roboty energooschadnogo vibratsiynogo dozatora sipuchih kormiv // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 62-67.
15. Пат. №54102 Украина, МПК B65G 33/00. Гибкий канатный конвейер. Заявители: Ляшук А.Л., Гевко Б.М., Стефанов В. М., Олексишин О. В., Комар Р. В., Гевко И. Б., Дячун А. Е. патенто обладатель Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя - № u201005330; заявл 30.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. №20.
16. Пат. №65918, Украина, МПК (2011.01) B65G 35/00. Рабочий орган гибкого канатного конвейера. Заявители: Ляшук А.Л., Дыня В.И .; Олексишин А.В .; Гевко И.Б .; Землекоп А.В .; патентообладатель Ляшук А.Л .; Дыня В.И .; Олексишин А.В .; Гевко И.Б .; Землекоп А.В. - № u201101683; заявл. 14.02.2011, опубл. 26.12.2011. Бюл. № 24.
17. Пат. №85011, Украина, МПК (2006.01): B65G 35/14. Секционная винтовая спираль / Ляшук А.Л .; Любачивский Р. В .; Дзюра В.А .; Клендий В.М .; Гевко Иг. Б .; заявитель и патентообладатель Ляшук А.Л .; Любачивский Р. В.; Дзюра В.А.; Клендий В.М.; Гевко Иг. Б.; - № u201304973; заявл. 18.04.2013., Опубл. 11.11.2013. Бюл. №21.
18. Пат. №85233, Украина, МПК (2013.01): B65G 35/00. Бочкообразный рабочий орган трубчатого канатного конвейера / Ляшук А. Л.; Комар Р.В.; Олексишин А.В.; Лотоцькиий Р. И.; заявитель и патентообладатель Ляшук А. Л.; Комар Р.В.; Олексишин А.В.; Лотоцькиий Р.И.; - № u201306971; заявл. 03.06.2013., Опубл. 11.11.2013. Бюл. №21.
19. Пат. №94205, Украина, МПК (2014.01): B65G 33/00. Гибкий трубчатый смеситель с вертикальной подачей сыпучих материалов / Ляшук А.Л.; заявитель и патентообладатель Ляшук А.Л.; - № u201402119; заявл. 03.03.2014., Опубл. 10.11.2014. Бюл. №21.
20. Пат. №94206, Украина, МПК (2014.01): B65G 33/00. A01F 12/44 (2006.01) Гибкий канатный сепаратор / Ляшук А.Л.; заявитель и патентообладатель Ляшук А.Л.; - № u201402121; заявл. 03.03.2014., Опубл. 10.11.2014. Бюл. №21.

INTERPRETATION OF THE CHOICE OF CONVEYERS WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS

Summary. The model of choosing construction conveyers for transporting agricultural cargo along the curvilinear trajectory taking into account possible expenditures caused by the damage of cargo and total expenditures, which include manufacturing, operation. Maintenance and repair cost price has been developed.

The synthesis of conveyer operating members taking advantage of the hierarchic groups method and using morphological analyses has been carried out. It was interpreted, that the choise of option of the operating members desing depends first of all on the nature of the performed process and loanding on the operating member. That is why for the purpose to proside the desing of the operation members, the number of construction solution options can be reduced and one may develop a great number of conveyer designs capable to operate officiently for the transporting of bulk cargo along the curvilinear trajectory.

It was revealed, that damage losses while transporting and transferring are in ten times greater than those of the conveyer total cost.

Key words: conveyer, operation, maintenance, cost price.