

Кривыми линиями на графике (рис. 4) представлены результаты теоретических расчетов, а точками – экспериментальные данные, отклонение которых составляет не более 15 %.

Снижение давления воздуха в шинах колес с 200 до 80 кПа позволяет увеличить контурную площадь контакта шины с опорной поверхностью до 50 % в зависимости от нагрузки, действующей на колесо.

**Выводы.** Проведенные теоретические исследования показывают, а экспериментальные подтверждают, что снижение удельного давления воздуха в шинах колес тракторов до рационального значения позволяет до 50 % увеличить контурную площадь контакта шины с опорной поверхностью и в 1,2...1,5 раза снизить давление колес на почву. Очевидно, это позволит уменьшить негативное воздействие на почву и повысить урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшить затраты энергии при последующей ее обработке.

### Литература

1. Ресурсный потенциал земледелия и пути его эффективной реализации / А.М. Плаксин, А.П. Зырянов, Н.Р. Саврасова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 10. – С. 54–56.
2. Зырянов А.П., Пятаев М.В. Оценка качества посева зерна сеялкой NTA 3510 с трактором BУHLER VERSATILE-2425 // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – Т. 54. – С.130–132.
3. Зырянов А.П. Повышение эффективности использования МТА с колесными тракторами высокого тягового класса путем дифференциации их массы: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2009. – 164 с.
4. Тракторы: Теория: учеб. для студентов вузов / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.



УДК 621.838.2

М.А. Мерко, М.В. Меснянкин, А.Е. Митяев,  
А.В. Колотов, Ю.Ф. Кайзер

### КОРРЕКТИРОВКА ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ С ЗСТК ПО ДОРОЖКЕ КАЧЕНИЯ НАРУЖНОГО КОЛЬЦА

*Представлен алгоритм корректировки задачи по определению величин геометрических параметров для любого вида структурной схемы механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины посредством ввода поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца.*

**Ключевые слова:** механизм с замкнутой системой тел качения, тела качения, сепаратор, дорожка качения, геометрические параметры.

М.А. Merko, М.В. Mesnyankin, А.Ye. Mityaev,  
А.В. Kolotov, Yu.F. Kaiser

### THE PROCESS CORRECTION OF THE GEOMETRICAL PARAMETER DEFINITION OF THE MECHANISMS WITH CSRE ALONG THE OUTER RING RACEWAY

*The algorithm for the task correction on the determination of the geometric parameter values for any kind of structural scheme of mechanisms with the closed system of rolling elements with the equal diameter value by input of correction into the calculation of the outer ring raceway is presented.*

**Key words:** mechanism with closed system of rolling elements, rolling bodies, separator, raceway, geometrical parameters.

**Введение.** При выполнении технологических операций перемешивания или смешивания различных веществ зачастую возникает неравномерность перемешивания или промешивания, что сказывается на качестве получаемого продукта. Эффективность данных процессов напрямую связана с формой исполнительного органа и видом совершаемого движения, а также геометрическими параметрами механизма привода, что, в свою очередь, оказывает влияние на массу и размеры используемого оборудования. Повышение эффек-

тивности данных технологических операций является актуальной задачей, решение которой возможно обеспечить посредством использования механизмов с замкнутой системой тел качения (ЗСТК). Механизмы с ЗСТК содержат в структуре два кольца с дорожками качения, сепаратор (водило) и тела качения с диаметрами как равной, так и разной величины, которые могут обладать гладкими рабочими поверхностями (фрикционные) [1–3] или поверхностями с выступами (зубчатые) [4].

Коллектив авторов проводят теоретические и экспериментальные исследования геометрических и кинематических параметров исполнительных механизмов технологического оборудования, разработанного на базе механизмов с ЗСТК с диаметрами разной (эксцентриковые) [1, 2] или равной (соосные) [3, 4] величины. В ходе исследований установлено: задача определения номинальных значений геометрических параметров механизмов данного вида, как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения (рис. 1), должна решаться при начальных условиях, что исходные параметры являются постоянными и принимают значения больше нуля

$$\begin{cases} (R_H = \text{const}) > 0, \\ (R_B = \text{const}) > 0, \\ (r = \text{const}) > 0, \\ (c = \text{const}) \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $R_B$  и  $R_H$  – радиусы концентрически расположенных дорожек качения внутреннего и наружного колец;  $r$  и  $c$  – радиус тел качения и зазор между ними.

Однако было выявлено, что так как данная задача является нелинейной, то при начальных условиях (1) она имеет решение не во всех случаях. Поэтому для ее решения необходима корректировка системы (1) посредством ввода поправки в расчет номинальных значений геометрических параметров, считая, что один из исходных параметров является величиной переменной [1]. Вариация значениями радиуса тел качения и зазора не позволяет достичь требуемого результата. В этом случае получаем, что решение рассматриваемой задачи по определению величин номинальных значений геометрических параметров механизмов с ЗСТК равной величины имеет два возможных направления ввода поправки, т. е. либо  $R_H \neq \text{const}$ , либо  $R_B \neq \text{const}$ .

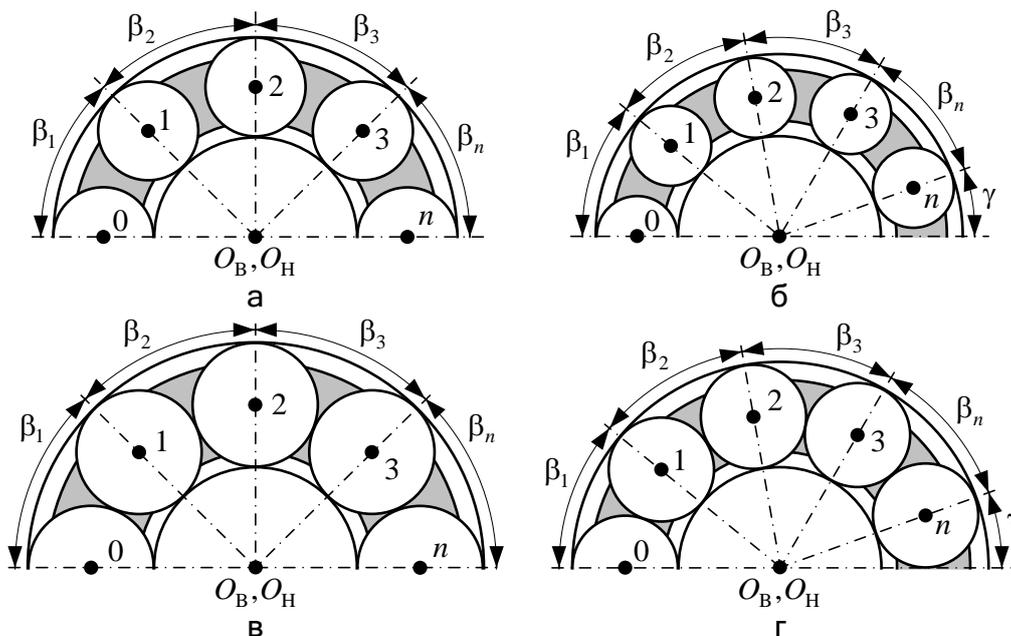


Рис. 1. Виды симметричных структурных схем механизмов с ЗСТК с диаметрами равной величины: а, б – при наличии зазора между телами качения; в, г – при отсутствии зазора между телами качения

**Цель.** Разработка алгоритма корректировки решения задачи по определению номинальных значений геометрических параметров механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины для любого вида структурной схемы посредством ввода поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца.

**Задачи:**

- формирование систем начальных условий решения поставленной задачи при вводе поправки по дорожке качения наружного кольца;
- вывод формул для расчета величины поправки;
- разработка алгоритма ввода поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца для любого вида структурной схемы механизмов с ЗСТК.

В соответствии с вышеуказанной целью и поставленными задачами начальные условия системы (1) примут следующий вид:

$$\begin{cases} (R_H \neq \text{const}) > 0, \\ (R_B = \text{const}) > 0, \\ (r = \text{const}) > 0, \\ (c = \text{const}) \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Система (2) позволяет получить два возможных варианта структуры механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с зазором между телами качения и без данного параметра.

При исходных условиях (2) радиус дорожки качения наружного кольца определим как [2, 3]

$$R_H = \frac{R_B \cdot \left(1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)\right) - c}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}. \quad (3)$$

Радиусы дорожек качения наружного и внутреннего колец механизма рассматриваемого вида (рис. 1) находятся в следующей зависимости:

$$R_H = R_B + 2 \cdot r, \quad (4)$$

где  $r = r_0 = r_1 = r_i$  – радиус тел качения.

Подставив (4) в (3) и преобразовав, получим выражение для определения радиуса тел качения при условиях системы (2)

$$r = \frac{R_B \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right) - \frac{c}{2}}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}. \quad (5)$$

Углы положения тел качения и их число вычислим в соответствии с работами [2, 3]:

$$\beta = 2 \arcsin\left(\frac{R_H - R_B + c}{R_B + R_H}\right). \quad (6)$$

$$z = \frac{\pi}{\arcsin\left(\frac{R_H - R_B + c}{R_B + R_H}\right)}. \quad (7)$$

Геометрические параметры, полученные по формулам (3), (5)–(7), должны удовлетворять одному из вариантов условия симметрии механизмов с ЗСТК с диаметрами равной величины в зависимости от числа тел качения на горизонтальной оси симметрии:

$$\text{два тела качения (рис. 1, а, в)} \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 180^0, \quad (8)$$

$$\text{одно тело качения (рис. 1, б, г)} \quad \sum_{i=1}^n \beta_i + \gamma = 180^0, \quad (9)$$

где  $n$  – число тел качения на угле от 0 до  $\pi$ ;  $\beta_i$  – угол положения  $i$ -го тела качения;  $\gamma$  – угол, определяемый согласно рисунку 1, б, г.

При невыполнении условий симметрии (8) и (9) необходим ввод поправки в расчет, значение которой определим по выражению

$$\Delta = \frac{\Theta}{n+1}, \quad (10)$$

где  $\Theta$  – отрезок меньший из  $\Theta_{n-1}$  или  $\Theta_{n+1}$ .

С целью определения длин отрезков  $\Theta_{n-1}$  и  $\Theta_{n+1}$  составим расчетную модель (рис. 2, а) механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины при наличии на горизонтальной оси симметрии двух тел качения (рис. 1, а, в).

Из анализа треугольников  $\Delta O_B n_{-1} n$  и  $\Delta O_B n_{+1} n$  (рис. 2) при  $r = r_n = r_{n-1} = r_{n+1}$  получим следующие равенства:

$$\Theta_{n-1} = |n_{-1} n| = (R_B + r) \sqrt{2(1 - \cos(\gamma_{n-1}))}, \quad (11)$$

$$\Theta_{n+1} = |n_{+1} n| = (R_B + r) \sqrt{2(1 - \cos(\gamma_{n+1}))}, \quad (12)$$

где  $\gamma_{n-1}$  и  $\gamma_{n+1}$  – углы положения тел качения (рис. 2, а).

Углы  $\gamma_{n-1}$  и  $\gamma_{n+1}$  в (11) и (12) определим по формуле

$$|\gamma_{n\pm 1}| = 180^0 - \sum_{i=1}^n \beta_i, \quad (13)$$

где  $\beta_i$  определяется по (6).

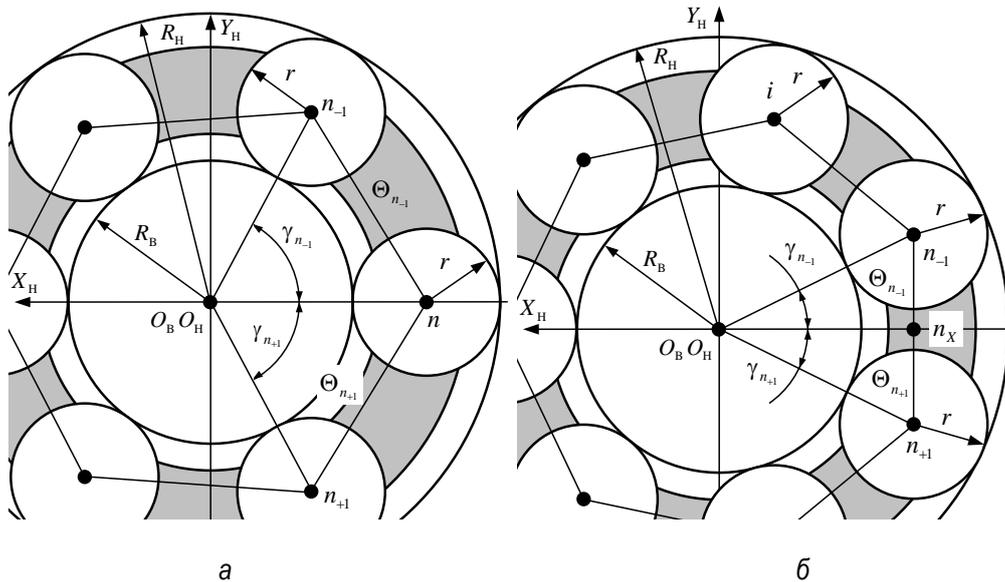


Рис. 2. Расчетная модель для определения длин отрезков  $\Theta_{n-1}$  и  $\Theta_{n+1}$  при наличии на оси симметрии: а – двух тел качения; б – одного тела качения

При наличии на горизонтальной оси симметрии одного тела качения расчетная модель механизмов данного вида будет выглядеть, как представлено на (рис. 2, б), а длины отрезков  $\Theta_{n-1}$  и  $\Theta_{n+1}$  определим по формулам:

$$\Theta_{n-1} = |n_{-1}n_X| = \sqrt{(R_B + r)^2 - (R_B + r)\cos(\gamma_{n-1})}, \quad (14)$$

$$\Theta_{n+1} = |n_{+1}n_X| = \sqrt{(R_B + r)^2 - (R_B + r)\cos(\gamma_{n+1})}, \quad (15)$$

где  $\gamma_{n-1}$  и  $\gamma_{n+1}$  – углы положения тел качения (рис. 2, б), определяются по (13).

Корректировка решения задачи определения номинальных значений геометрических параметров механизмов с ЗСТК с диаметрами равной величины осуществляется непосредственным вводом поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца в следующей последовательности: согласно начальным условиям (2), радиус дорожки качения внутреннего кольца оставляем без изменений, а радиус дорожки качения наружного кольца найдем как

$$R_H = R_B + 2(r - \Delta). \quad (16)$$

Далее проводим новую итерацию расчета геометрических параметров по формулам (3), (5)–(7). По полученным значениям проверяем условия симметрии (8) или (9). При положительном результате прекращаем вычисления. При отрицательном результате, используя (10)–(15), определяем новое значение поправки, а по (16) проводим корректировку радиуса дорожки качения наружного кольца. Затем повторяем описанные выше действия. Расчет продолжаем до выполнения условия симметрии (8) или (9).

**Выводы.** В результате проведенных действий сформированы системы начальных условий. Получены формулы для расчета величины поправки. Разработан алгоритм корректировки задачи по определению номинальных значений геометрических параметров для любого вида симметричной структурной схемы (рис. 1) механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины посредством ввода поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца.

### Литература

1. Мерко М.А. Кинематические и геометрические характеристики эксцентрикового механизма качения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02. – Красноярск, 2002. – 26 с.

2. Определение границ областей существования механизма-прототипа ЭМК без сепаратора при вводе поправки по дорожке качения наружного кольца / М.В. Меснянкин, М.А. Мерко, А.В. Колотов [и др.] // Сб. науч. тр. Sworld по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – Т.3. – № 1. – С. 33–38.
3. Мерко М.А., Меснянкин М.В., Колотов А.В. Формирование областей существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки по дорожке качения внутреннего кольца // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – № 4. – С. 54–58.
4. Автоматизированное проектирование зубчатых механизмов приводов технологического оборудования со связанными цилиндрическими колесами / А.В. Колотов, М.А. Мерко, М.В. Меснянкин [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4. – С. 51–57.



УДК (374.05 + 630.323.3/4):581.93

В.А. Лозовой, И.А. Балдаков, Г.С. Миронов

### СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ХЛЫСТОВ

В статье дан структурный анализ оборудования раскряжевочных установок для первичной обработки древесных хлыстов.

**Ключевые слова:** технологический процесс, система координат, структурная формула, переходная матрица.

V.A. Lozovoy, I.A. Baldakov, G.S. Mironov

### STRUCTURAL ANALYSIS OF THE BUCKING INSTALLATION EQUIPMENT FOR THE PRIMARY PROCESSING OF WOOD WHIPS

The structural analysis of the bucking installation equipment for the primary processing of wood whips is given in the article.

**Key words:** technological process, coordinate system, structural formula, transition matrix.

Для создания оборудования нового поколения раскряжевочных установок необходим детальный анализ существующего оборудования и устройств, что даст возможность определить направления синтеза новых технологических структур для первичной переработки древесного сырья. Для анализа используем матричные преобразования координат, которые позволят формализовать структуру оборудования [2].

Рассмотрим наиболее распространённый механизм для разобращения хлыстов типа РПУ, ПРХ-2, например РПУ-10М. Определим функциональные возможности РПУ.

Структуру РПУ-10М рассмотрим более подробно.

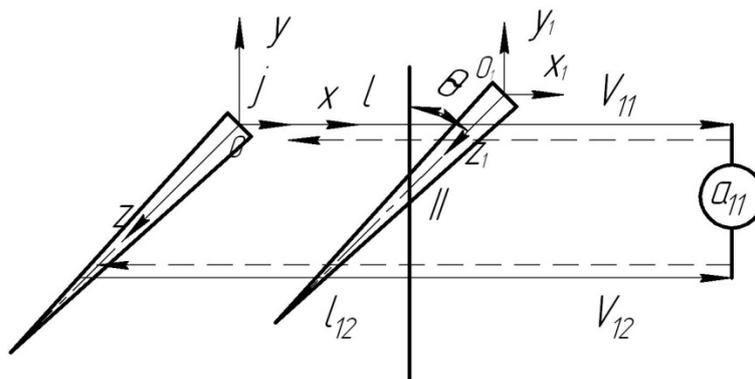


Рис. 1. Структурный граф РПУ:  $a_{11}$  – операция разобращения пакета;  $\rightarrow$  рабочий ход РПУ;  $-\rightarrow$  холостой ход РПУ;  $\angle \theta$  – угол между осью хлыста и направлением, например, подающего транспортера;  $V_{11}, V_{12}$  – скорость движения ветвей РПУ;  $l_{11}, l_{12}$  – расстояние линейного перемещения ветвей РПУ