

М443429

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени
Н.Э.Баумана

На правах рукописи

БЕЗУТЛЫЙ ЛЕОНИД ИВАНОВИЧ

УДК 658.512:621.9.06-52.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН-АВТОМАТОВ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ НЕПРЕРЫВНОЙ ОБКАТКОЙ ПЕРИФЕРИЙНЫХ
ОТВЕРСТИЙ

Специальность 05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств
(машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 1988

Работа выполнена в Кировоградском институте с.-х. машиностроения.

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор Волчкович Л.И.

Официальные оппоненты — Лауреат Государственной премии СССР
д.т.н., проф. Черпаков Б.И.
к.т.н., доцент Усов Б.А.

Ведущее предприятие — п/о "Красная Звезда"

Защита состоится "21" марта 1988 г. в 14³⁰ часов
на заседании специализированного совета К.053.15.01 в Московском
высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, 2-ая Бауманская, 5.

С диссертацией
им.Н.Э.Баумана
Ваш
печатю, п

а МВТУ
аверенный пе-

1988 г.

Уче

M 47 3479

Д-46086
Ротапринт

ир.100 экз

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В сельскохозяйственном машиностроении и в подшипниковой промышленности изготавливается множество деталей класса дисков и полых цилиндров, на цилиндрической поверхности которых расположено большое количество неглубоких периферийных отверстий (ячеек).

Типичными представителями таких деталей являются высевающие диски свекловичных сеялок, содержащие от 90 до 210 неглубоких отверстий, расположенных в одном и в трех рядах соответственно, массивные сепараторы высокооборотных шарикоподшипников, основными потребителями которых являются газовые турбины и электрические агрегаты, работающие на частотах до 200 тыс. оборотов в минуту и др. детали.

Высевающий диск является одной из наиболее ответственных деталей высевающего аппарата сеялки, от которого зависит производительность и качество сева — а следовательно и урожайность технических культур и в частности сахарной свеклы, валовый сбор которой в двенадцатой пятилетке намечено довести до 92–95 млн. тонн. Для выполнения этих планов нашей промышленности необходимо изготовить свыше 3-х млн. дисков и обработать 75 млн. отверстий. Еще более массовыми деталями являются массивные сепараторы шарикоподшипников. Ежегодно в СССР выпускается несколько десятков миллионов шарикоподшипников с массивными сепараторами.

Обработка большого количества периферийных отверстий является одной из наиболее трудоемких операций, составляющих 30–35% от общей трудоемкости изготовления дисков и массивных сепараторов. В настоящее время эти операции выполняются на различных универсальных и агрегатно-сверлильных станках, основными недостатками которых являются: сравнительно невысокая производительность вследствие наличия у этих станков только одной рабочей позиции, низкий уровень автоматизации элементов цикла, а также дискретный характер движения рабочих органов, ухудшающий динамику станков.

Целью работы является создание новых высокопроизводительных ротационных машин-автоматов для непрерывной обработки обкаткой периферийных отверстий.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



1473479

Безуглый П. И. Основы проек

МГТУ
И. И. Баумана
БИБЛИОТЕКА

- на основе критического анализа существующих способов обработки периферийных отверстий на цилиндрических поверхностях деталей формы тел вращения разработан и предложен более производительный;

- разработаны математические модели погрешностей формы отверстий, получаемых предложенным способом и по специальным алгоритмам с помощью ЭВМ установлено влияние различных геометрических параметров технологической системы на форму отверстий;

- разработана оригинальная методика проведения стойкостных испытаний режущего инструмента;

- разработана научная методика выбора основных параметров ротационных машин-автоматов непрерывного действия.

Методы исследования. Для аналитического исследования погрешностей формообразования периферийных отверстий, получаемых методом обкатки по двум из восьми предложенных схем и, в частности, для исследования влияния на овальность и бочкообразность вылета и диаметра инструмента, радиусов делительной и направляющей окружностей использовался однофакторный эксперимент, проводившийся на математических моделях овальности и бочкообразности путем последовательного варьирования указанных выше параметров технологической системы в пределах реальных, наиболее часто встречающихся на практике, значений по специальным алгоритмам на ЭВМ. По результатам аналитического исследования построены графики.

Обработка результатов экспериментальных исследований точности обработки периферийных отверстий и результатов стойкостных испытаний инструментов проводилась с помощью аппаратов математической статистики и теории надежности, который использовался как для определения параметров рассеивания размеров, так и для расчета стойкости инструмента, а также для проверки стационарности потока его отказов.

Научная новизна. Аналитическое исследование влияния различных геометрических параметров технологической системы на овальность и бочкообразность отверстий, полученных методом обкатки при использовании в качестве траектории относительного движения инструмента удлиненной перитрохоиды с модулем 3...4 показало:

- приемлемость предложенного метода для обработки отверстий по 14-ому качеству, глубина которых не превышает их диаметра при более высокой производительности, чем обеспечивают существующие методы:

- возможность получения при использовании в качестве траектории относительного движения инструмента обыкновенной перитрохоиды, ячеек воронкообразной формы, целесообразность применения которой по условиям задания и выпадания семян доказана А.Н.Семеновым, А.Е.Белой и др. авторами.

Экспериментальная оценка точности отверстий показала, что фактическая бочкообразность меньше овальности, которая поэтому и должна являться основным критерием оценки точности отверстий, полученных методом обкатки. Экспериментальная оценка стойкости спиральных сверл при обработке методом обкатки отверстий, глубина которых не превышает их диаметра показала, что стойкость в этом случае существенно не отличается от стойкости спиральных сверл при обработке отверстий традиционным способом. Разработана научная методика выбора основных параметров ротационных станков-автоматов.

Практическая ценность. Практическая реализация предложенного метода обработки периферийных отверстий обкаткой позволит создать на его основе высокоэффективные ротационные станки-автоматы, выгодно отличающиеся от известных станков, применяемых для этих операций в настоящее время следующими показателями:

- в 2-3 раза более высокой производительностью;
- более простой конструкцией, что достигнуто за счет:
 - а) упразднения механизмов подачи сверлильных головок;
 - б) совмещения функций подачи и деления деталей в одном органе - водиле зубчатого планетарного механизма;
 - в) применения винтовых зажимных устройств с их приводом за счет вращения ротора от закрепленных в станине постоянного и автоматически утапливаемого упоров;
- меньшими габаритами, за счет миниатюризации сверлильных головок, упразднения гидростанций (применяемых, например, на станке модели ХМА-271);
- более высокой точностью отверстий по глубине, обеспечиваемой смонтированным в каждой головке пружинным компенсатором, исключаящим влияние погрешности базирования детали на глубину получаемых отверстий;
- меньшей потребляемой мощностью;
- более простой, быстродействующей системой зацепы инструмента.

Реализация и внедрение. Предложенный способ обработки отвер-

ствий внедрен на Ташкентском авиапредприятии и позволил повысить качество ремонтируемых деталей. На Кировоградском п/о посевных машин "Красная звезда" произведена апробация предложенного способа на высевающих дисках сеялок. Для этого предприятия разработано два варианта станков-автоматов.

Апробация работы. По результатам произведенных изысканий и исследований автором сделано свыше 20 научных докладов, в том числе: в цехе 13 точных подшипников ГПЗ-1 в г.Москве в октябре 1979 г., на Кировоградском заводе посевных машин "Красная звезда" в апреле 1980 г., на заседании научно-технического совета Кировоградского ПКТИ "Почвомаш" в октябре 1981 г., на республиканской научно-технической конференции в Кировограде в декабре 1981 г., на всесоюзной научно-технической конференции в г.Ростове-на-Дону в мае 1982 г., 2 доклада на Кировоградской городской межвузовской научно-практической конференции в декабре 1983 г., на кафедре АМ-12 МВТУ им. Н.Э.Баумана в октябре 1987г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ и получено 2 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 125 страницах машинописного текста, иллюстрируется 100 рисунками и 15 таблицами и состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 100 наименований и пяти приложений на 37 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен аналитический обзор объектов исследований (высевающих дисков сеялок, массивных сепараторов шарикоподшипников, сепараторов направляющих качения штампов и др. деталей и методов их обработки). Всего проанализировано 9 различных типов высевальных дисков для посева пропашных культур; 5 - для отечественных сеялок и 4 типа дисков зарубежных фирм (Р.М.Каннона - США, Давида Томаса - Англия, Нодэ-Гужи и Рибуло - Франция), а также 10 массивных сепараторов для шарикоподшипников. Диски имеют от 70 до 210 глухих периферийных отверстий диаметром до 10 мм, глубиной 3-5 мм, расположенных в одном или нескольких рядах. Отверстия имеют 4-й класс шероховатости и 14-ый класс точности. Повышенные требования предъявляются к точности и стабильности глубины отверстий, от которой зависит расход семян при

посеве.

В работах А.Е.Белой, В.Я.Котельникова, А.Н.Семенова (Одесский с.-х. институт) показана целесообразность замены отверстий ячейками воронкообразной формы с расположенной вдоль радиуса диска осью и входным отверстием, имеющим форму эллипса, большая ось которого лежит в плоскости вращения диска.

Массивные сепараторы имеют более точные сквозные отверстия-гнезда под шарики цилиндрической и слегка воронкообразной формы, необходимой для сглатывания автоколебаний шариков при 100-120 тыс. оборотов в минуту.

Проанализировано свыше 10-ти типов различных специальных сверлильных станков: от использовавшихся в промышленности свыше 50 лет назад примитивных станков с ручным приводом подачи до современных агрегатно-сверлильных станков, выполненных за последнее время по проектам МОССБ АНАС, и др. Установлено, что:

- во всех станках применяется одна и та же устоявшаяся структура чередующихся, а следовательно и не совмещенных во времени поворотно-делительных движений стола с заготовкой и возвратно-поступательных движений силовых головок, что является тормозом дальнейшего повышения их производительности;

- на большинстве станков одновременно обрабатывается только одна деталь;

- на всех станках замена инструмента производится с переднего конца головки в зоне, занятой приспособлением и кондуктором в неудобных для оператора условиях, а загрузки и разгрузка станка производится вручную;

Проанализирована возможность использования для операции сверления периферийных отверстий радиальных роторных станков системы Л.Н.Комкина. Установлено, что для многократного чередования циклов подачи головок и деления детали, включающего расфиксацию детали, ее поворот и фиксацию необходимо 3 самостоятельных копира с соответственно сдвинутыми по фазе рабочими участками, что привело бы к практически неприемлемым размерам ротора.

Предложен новый способ обработки по а.с. №464395, сущность которого состоит в том, что одновременно несколько установленных на роторе 1 обрабатываемых деталей 2 (Рис.1), катят без скольжения внутри направляющей окружности 3 относительно установленных по ее радиусам инструментов 4, выдвинутых

из плоскости качения на глубину отверстий — H . Отличительными особенностями нового способа является то, что:

— подача центра обрабатываемого отверстия относительно инструмента осуществляется не по нормали к поверхности, а по близлежащей к ней на активном участке траектории ветви гипотроихиды 5, форма получаемого при этом отверстия определяется перитроихидой, описываемой периферийными точками инструмента (в данном случае спирального сверла) и зависит от положения ее узловой точки T (Рис.2).

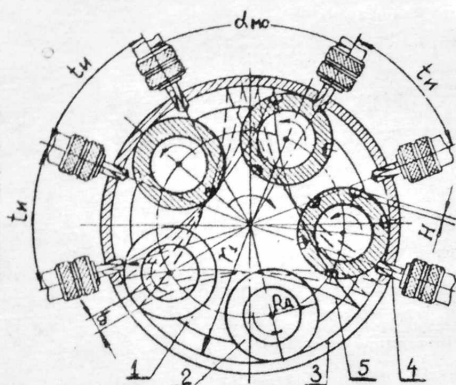


Рис.1. Способ обработки периферийных отверстий по а.с. №464395

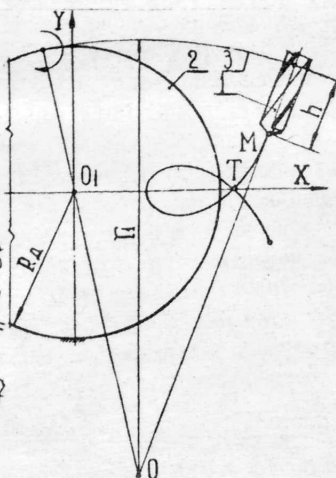


Рис.2. Траектория, описываемая относительно детали 2 вершиной сверла I-точкой M.

Во второй главе проанализировано 8 различных возможных вариантов схем обработки периферийных отверстий предложенным способом. 4 — схемы по методу, при котором инструменты охватывают несколько деталей для случаев, когда:

1. $R_d < R_1$, $H > R_1 - R_d$, и отверстие профилируется по участку петли удлиненной перитроихиды, расположенному между узловой точкой и центром детали и имеет форму, близкую к цилиндрической;
2. $R_d = R_1$ — отверстие профилируется по всей петле перитроихиды и имеет каплеобразную форму;
3. $R_d > R_1$, $H = R_d - R_1$ — отверстие профилируется по обыкновенной

перитрохоиде (без петли) и имеет воронкообразную форму;

4. $R_d > R_1$. $H < R_d - R_1$ - отверстие профилируется по укороченной перитрохоиде и имеет форму, близкую к воронкообразной, где R_d - радиус обрабатываемой детали; R_1 - радиус связанного с деталью транспортного колеса;

и 4 схемы - по методу огибания, при котором одна деталь обкатывается инструментальной головкой. Отверстия, получаемые по этим схемам имеют форму, подобную форме отверстий, получаемых при обработке по схемам 1, 2, 3, 4, но при одной и той же длине вылета инструмента имеют большее искажение формы отверстий. Поэтому для дальнейшего рассмотрения были отобраны схемы 2 и 3.

Для выбора механизма, наиболее приемлемого для воспроизведения требуемой траектории относительного движения детали проанализировано 4 типа планетарных редукторов. Установлено, что наиболее выгодным типом привода по условию обеспечения простоты изготовления является механизм Фергюссона.

Для обеспечения деления детали при обработке методом обкатки всех отверстий за один оборот ротора модуль гипотрохоиды определяется по формуле:

$$m = 1/NZ_0 \quad (1)$$

где N - простое число из ряда 2, 3, 4...

Z_0 - количество отверстий в одной детали.

Если по условию соседства в пределах дуги направляющей окружности, соответствующей одному обороту детали невозможно разместить необходимое для обработки всех отверстий за один оборот ротора количество инструментов, то модуль гипотрохоиды определяется по формуле:

$$m = Z_0/(NZ_0 \pm N), \quad (2)$$

где N - простое целое число, не имеющее общих множителей с числом Z_0 .

В этом случае центр отверстия за каждый оборот детали внутри направляющей окружности будет смещаться относительно своего исходного положения в зависимости от величины знаменателя выражения (2) на шаг отверстий или на величину, кратную ему, т.е. будет происходить деление.

В зависимости от количества отверстий в одной детали сверлильные головки могут размещаться как в одном так и в нескольких секторах направляющей окружности, каждый из которых соответствует одному обороту детали. Количество головок в каждом секто-

ре равно делителю числа отверстий.

Угол между осями соседних инструментов смежных секторов при четном их количестве определяется по формуле:

$$\alpha_{mc} = 2j - 1, \quad (3)$$

а при нечетном - по формуле:

$$\alpha_{mc} = 2(j-1), \quad (4)$$

где j - количество секторов.

Для расчета часовой производительности процесса ротационной обработки отверстий методом обкатки получена формула

$$Q = \frac{3437,85 K_n S_{max} \eta_{tex}}{r_i (1-m) t_n \sin(t_\phi/2) \cos(t_\phi/2 - m t_\phi) Z_0}, \quad (5)$$

где K_n - количество одновременно работающих инструментов;

S_{max} - максимальная минутная подача;

η_{tex} - коэффициент технического использования станка;

r_i - радиус направляющей окружности;

t_n - шаг инструментов;

t_ϕ - угол поворота детали вокруг своей оси за время обработки одного отверстия;

$$K_n = 360^\circ Z_n / \alpha_p r, \quad (6)$$

где Z_n - общее количество установленных инструментов;

α_p - рабочий сектор ротора, в котором происходит обработка;

r - установленное на роторе количество деталей;

$$t_\phi = \arccos[(2r_i(r_i - R_d - H) + H^2)/2(r_i - R_d)(r_i - H)(r_i/R_d)], \quad (7)$$

$$\eta_{tex} = 1/(1 + 180^\circ \omega_p t_{cm} Z_n / T t_n \pi), \quad (8)$$

где ω_p - угловая скорость ротора;

t_{cm} - время замены одного инструмента;

T - стойкость инструмента в мин.

$$\omega_p = [S_m] m / 60 R_d (1-m) \sin(t_\phi/2) \cos(t_\phi/2 - m t_\phi); \quad (9)$$

т.к. за цикл обработки каждого отверстия подача, в силу свойств гипотроихиды изменяется от допустимой величины $-[S_m]$ в момент врезания инструмента до нуля при его внедрении на глубину отверстия по линейному закону, то величину допустимой подачи по сравнению с нормативами можно увеличить в 1,5-2 раза, повысив тем самым производительность.

В третьей главе выполнено аналитическое исследование влияния различных геометрических параметров технологической системы на овальность $-\Delta o$ и бочкообразность $-\Delta z$ отверстий, возникающих вследствие несовпадения осей отверстия и инструмента в момент

его врезания и выхода из детали.

Исследование овальности отверстий при обработке по схеме 2 проводилось с помощью математической модели, полученной в виде:

$$\Delta_0 = |2y_0| - d, \quad (I')$$

где y_0 — ордината перитрохоиды, описываемой периферийной точкой Б сверла. Параметрические уравнения перитрохоид, описываемых периферийными точками сверла, выведенные через геометрические параметры r_1, R_A, H, d технологической системы и элементы стандартного спирального сверла имеют вид:

$$x = (r_1 - H - 0,288d) \cos(m_1 t - t) - (r_1 - R_1) \cos m_1 t + 0,577d \sin(m_1 t - t - \pi/6); \quad (II)$$

для точки А:

$$y = (r_1 - H - 0,288d) \sin(m_1 t - t) - (r_1 - R_1) \sin m_1 t + 0,577d \cos(m_1 t - t - \pi/6); \quad (I2)$$

$$x = (r_1 - H - 0,288d) \cos(m_1 t - t) - (r_1 - R_1) \cos m_1 t + 0,577d \cos[\pi/3 - t(m_1 - 1)]; \quad (I3)$$

для точки Б:

$$y = (r_1 - H - 0,288d) \sin(m_1 t - t) - (r_1 - R_1) \sin m_1 t + 0,577d \sin[\pi/3 - t(m_1 - 1)]; \quad (I4)$$

где d — диаметр сверла;

t — текущий угол поворота детали вокруг своей оси;

m_1 — модуль перитрохоиды

$$t = \arccos[(r_1 - R_1)^2 + (r_1 - H)^2 - R_1^2] / 2(r_1 - H) - \arctg[d/2(r_1 - H)]; \quad (I5)$$

$$m_1 = r_1 / R_1; \quad (I6)$$

Для возможности вывода уравнений (II), (I2), (I3), (I4) в системе координат с началом в центре детали использован принцип инверсии движения, согласно которому деталь мысленно фиксировалась, а движение обката совершала направляющая окружность вместе с инструментом.

Для исследования влияния параметров r_1, R_A, H, d , на овальность отверстий при обработке по схеме 3 использовалась математическая модель

$$\Delta_0 = 2y_A - d. \quad (I7)$$

где y_A — ордината перитрохоиды, описываемой периферийной точкой А сверла (Рис.3).

$$y_A = (r_1 - 0,288d) \sin(m_1 t) - (r_1 - R_A + H) \sin(m_1 t) + 0,577d \cos(m_1 t - t - \pi/6); \quad (I8)$$

Угол t в уравнении (I8) определялся по формуле

$$t = \arccos[(r_1 - R_A)^2 + r_1 - R_A^2] / 2r_1(r_1 - R_A) + \arctg[d/2r_1]; \quad (I9)$$

Бочкообразность отверстий при обработке по схеме 3 исследовалась с помощью математической модели

$$\Delta_z = 2y_{\max} - d, \quad (20)$$

где $y_{\max}$ — максимум функции (I2) при $t = t_\phi$, который определялся из условия равенства нулю производной dy/dt . Установлено, что:

та, то в процессе работы механизма каждый из Z_c зубьев сателлита будет входить в зацепление с одним и тем же зубом направляющего колеса только через Z_c оборотов сателлита. Т.о., в пределах от 0 до Z_c оборотов сателлита, несущего обрабатываемую деталь его кинематическая погрешность будет по разному суммироваться с кинематической погрешностью солнечного колеса и поэтому ошибка углового положения сателлита, а следовательно и угловая ошибка шага отверстий после каждого цикла деления будет различной, но не будет превышать половины амплитуды кинематической погрешности сателлита, которая может быть вычислена по известным формулам.

В четвертой главе изложена методика и результаты экспериментальных исследований точности отверстий и стойкости режущего инструмента, определена глубина отверстий, обработанных методом обкатки с овалностью, лежащей в пределах поля допуска H14 в зависимости от радиуса детали для $m_1 = 2, 3, 4$.

Для исследования точности на специальной установке сверлом $\Phi 4,1$ мм обрабатывалась партия дисков, которые для удобства измерения овалности и бочкообразности отверстий были выполнены разъемными. Измерения производились на микроскопе УИМ-21 в специальном приспособлении. Результаты замеров обработаны методами математической статистики и характеризуются следующими данными:

Табл. I.

:Пара-:	:	:Точность:	:	:Расч.:	:Эксперим.:	:Отно-
:метры:	:	:оценки:	:	:знач.:	:получен.	:сит.
:отвер:	X_{cp}	:при на-	$\Sigma \chi^2$	$\chi^2_{кр}$	:пара-	:знач. па-
:стия:	:	:дежн.	:	:	:метра:	:метра: парам.
:	:	: $=0,9$:	:	:	:	: $\%$
D_o	4,38	$0,124 \pm 0,025$	5,963	11,1	-	-
D_z	4,52	$0,098 \pm 0,020$	10,07	11,1	-	-
Δ_o	-	-	-	-	0,29	$0,28 \pm 0,025$ 3,57
Δ_z	-	-	-	-	0,778	$0,41 \pm 0,02$ 89,75

Т.о. фактическая бочкообразность отверстия не только на 89,75% меньше расчетной, но также меньше фактической овалности, что можно объяснить упругими отжатиями системы СПИД.

Для оценки стойкости испытывалось 2 партии сверл $\Phi 5,1$ мм: партия из пяти шт.-при обработке периферийных отверстий обычным способом на агрегатном сверлильном полуавтомате IXA-69I и такая же партия - при обработке отверстий методом обкатки на

экспериментальной установке.

С целью повышения однородности и достоверности результатов испытаний и сокращения сроков их проведения по специальной методике были отобраны сверла с одинаковым фоном внутреннего трения, равным 100 ед., служившим комплексным показателем начальных свойств испытуемых инструментов и заготовки из сплава АЛ-10В с твердостью HB = 65 ± 1%.

Обе партии испытывались на одинаковых режимах резания: $V = 46$ м/мин и $S_0 = 0,12$ мм/об с использованием в качестве СОЖ эмульсии.

Величина износа каждого сверла замерялась на микроскопе УИМ-21 по задней грани после обработки каждых 2310 отверстий. Всего проведено по 5 серий испытаний. Предельно допустимый износ принят равным 0,5 мм.

Тщательный отбор объектов исследования обеспечил в ходе испытаний хорошее перемешивание реализаций износа, соответствующее схеме накапливающихся повреждений, которое говорит в пользу гамма-распределения времени безотказной работы инструментов. В результате статистической обработки результатов испытаний, выполненной на основании гипотезы о "Г-распределении", получены следующие данные:

Табл.2.

: № : : п/п :	: Наименование : параметра :	: Обозн. : парам. :	: Размер- : ность :	: Величина параметров : для партии :	
				№ 1	№ 2
1.	Средняя скорость износа	λ	мин ⁻¹	0,084	0,139
2.	Число повреждений до отказа	Γ_0	шт	13,4	20,0
3.	Стойкость	T	мин	135	129
4.	Вероятность безотказной работы	R(T)	-	0,78	0,84

Т.е. стойкость спиральных сверл при обработке отверстий глубиной $H \leq d$ методом обкатки существенно не отличается от стойкости сверл при обработке отверстий традиционным способом. Затухающий характер изменения вычисленных корреляционных функций подтвердил предположение о независимости приращений износа и стационарности потока отказов обеих партий инструментов. Установлено, что:

- при $m_1 = 2$ по схеме 2 могут быть получены отверстия с точностью Н14, глубина которых прямо пропорциональна радиусу детали и обратно-пропорциональна их диаметру;

- при $m_1 > 2$ эти зависимости нелинейны, а глубина отверстий с точностью Н14 находится в пределах их диаметров.

В пятой главе изложена методика выбора параметров $r_1, m, l_{21}^H, r, z_n, R_n, p, n_p$ специального ротационного автомата для сверления методом обкатки отверстий в высекающих дисках свекловичных сеялок, в зависимости от заданных глубины и диаметра отверстия, его допуска $-\delta d$, количества отверстий и диаметра D поверхности детали, на которой они расположены.

1. Методом итераций радиус направляющей окружности определяется по специальной программе на ЭВМ из условия: $\delta d \geq \Delta_0$ (21)

2. Модуль гипотрохицы определяется по формуле (16), затем его значение корректируется т.о., чтобы оно удовлетворяло уравнению (2) и уравнению $M = z_n / r m$, где M - целое число.

3. Передаточное отношение планетарного механизма относительно его водила:

$$i_{21}^H = 1/m; \quad (22)$$

4. Количество одновременно обрабатываемых деталей:

$$\Gamma = 180^\circ / \arcsin(m/(1-m)); \quad (23)$$

Полученное значение корректируется до ближайшего меньшего целого $-\Gamma_{np}$.

5. Количество сверлильных головок в одном секторе определяется как делитель числа Z_0 , удовлетворяющий условию:

$$t_n \leq 2mt; \quad (24)$$

Для увеличения количества одновременно работающих инструментов, а следовательно и производительности автомата при наличии нескольких секторов, угол между ними определяется по формуле:

$$\alpha_{mc} = t_n + 360^\circ R_1 / Z_0 R_1; \quad (25)$$

6. Минимально необходимый для размещения головок радиус кольцевого пилона (или стола)

$$R_n = B/2 \sin t_{мин}, \quad (26)$$

где B - ширина корпуса головки.

7. Частота вращения ротора:

$$n_p = [S_m] m / 6 R_1 (1-m) \sin(t_0/2) \cos(t_0/2 - mt_0); \quad (27)$$

8. Мощность привода ротора:

$$N_p = P_0 K_i S_{max} m (r_1 - R_1) \cos \arcsin [h / 2 R_1 \sin(t_0/2)] / 2925 R_1 \cos(t_0/2 - mt_0) \eta, \quad (28)$$

где P_0 - осевая сила резания.

В шестой главе рассмотрены возможные направления дальнейшего

развития методов непрерывной обработки.

Разработаны схемы обработки отверстий шпиндельной револьверной головкой в деталях, транспортируемых кинематически связанным с ней ротором, воспроизводящие работу мальтийского механизма с многозвочным водилом и поворотными вокруг своих осей цевками.

Выведены уравнения траектории, движение по которой центра отверстия позволяет совместить в процессе обработки оси отверстия и инструмента и полностью исключить погрешности формообразования, возникающие при обработке отверстий обкаткой.

Уравнения имеют вид:

$$x = R_0 \sin \alpha - R_A \sin \{ \arctg [R_0 \sin \alpha / (A - R_0 \cos \alpha)] \} \quad (29)$$

$$y = R_0 \cos \alpha + R_A \cos \{ \arctg [R_0 \sin \alpha / (A - R_0 \cos \alpha)] \}, \quad (30)$$

где R_0 — радиус окружности, описываемой центром шпинделя, несущего обрабатываемую деталь;

A — расстояние между центрами головки и ротора;

α — угол поворота ротора.

Приведено описание реализующих одну из схем действующих моделей. Рассмотрены схемы ротационной обработки зубчатых колес, многогранников.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Предложенный способ ротационной обработки отверстий является весьма перспективным для обработки отверстий, имеющих относительную глубину $H/d \leq 1$, к точности диаметральных размеров которых не предъявляются высоких требований.
2. При обработке таких периферийных отверстий методом обкатки их форма в диаметральном сечении отличается от цилиндрической, определяется траекторией относительного движения инструмента, т.е. перитрохоидой и может быть: а) близкой к цилиндрической; б) каплеобразной; в) воронкообразной.
3. Точность диаметра отверстий, полученных предложенным методом зависит от их глубины и модуля перитрохоиды. Наиболее приемлемой траекторией относительного движения инструмента по условию минимизации погрешностей формы отверстий является перитрохоида с модулем $m_k = 2$.
4. При $m_k = 2$ методом обкатки по схеме 2 могут быть получены отверстия с точностью диаметра по $H/4$, глубина которых прямо пропорциональна радиусу цилиндрической поверхности и обратно пропорциональна их диаметру. При $m_k > 2$ эти зависимости нелинейны,

а глубина отверстий с точностью $H14$ находится в пределах их диаметра.

5. Расчетное значение овальности отличается от фактического на 3,57%, что свидетельствует об адекватности расчетных и экспериментально полученных данных, а фактическая бочкообразность отверстия не только меньше на 89,75% расчетной, но также меньше его фактической овальности, что можно объяснить отжатыми сверла в процессе обработки.

6. Для осуществления деления детали при обработке всех отверстий за один оборот ротора, модуль перитрохоиды необходимо принимать равным простой дроби с числителем, равным единице, при невозможности размещения вокруг ротора необходимого для обработки всех отверстий за один его оборот количества сверлильных головок — простой дроби с числителем равным количеству обрабатываемых в одной детали отверстий.

7. Средняя стойкость сверл при обработке отверстий глубиной до одного диаметра методом обкатки на 4,6% ниже стойкости сверл при обработке аналогичных отверстий обычным способом.

Процесс износа обеих испытывавшихся партий сверл является стационарным, т.к. его приращение в каждом интервале времени практически не зависит от предыдущего износа.

8. На основе предложенного способа обработки могут быть созданы специальные ротационные сверлильные станки-автоматы, выгодно отличающиеся от лучших отечественных образцов более высокой производительностью, более простой конструкцией, меньшими габаритами и меньшим расходом электроэнергии.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения ротационного автомата на Кировоградском п/о "Красная звезда" посевных машин составит 35,5 тыс. рублей.

Основные положения диссертационной работы отражены в 9-ти печатных работах:

1. А.с. №464395 СССР, М.кл. В23в 35/00. Способ обработки отверстий /Л.И. Безуглый (СССР) — 03.11.72 №1732408/25-8. Опубл. 25.03.75. Бюл. №11//Открытия. Изобретения.—1975.—№11.—С.27.
2. Безуглый Л.И. Способ роторной обработки неглубоких впадин и отверстий, равнорасположенных на цилиндрических поверхностях деталей круглой формы//Реф. информ. о законченных науч. исслед. работах в ВУЗах УССР: Сер. Машиностр. и металлообр.—1976.—Вып.18, Киев: Высш. школа, 1976. С.11-12.

3. А.с.650786 СССР, М.кл.²В 23 39/00. Роторный сверлильный полу-автомат /Л.И.Безуглый (СССР).-19.11.75 № 2191542/25-08. Опубл. 05.03.79.Бюл.№9//Открытия. Изобретения.-1979.-№9.-С.65.
4. Безуглый Л.И.Исследование процесса роторной обработки отверстий на периферии деталей класса дисков методом обкатки//Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции, 25-26 дек., 1981./Отв.ред.В.В.Комаристов; Кировоградский институт с.-х. машиностроения.-Кировоград, 1981.-С.199-201.
5. Безуглый Л.И. Роторная обработка отверстий на периферии деталей класса дисков методом обкатки//Тезисы докладов всесоюзной научно-технической конференции. 19-20 мая 1982/Отв.ред.Долгов И.А.: Ростовский-на-Дону институт с.-х. машиностроения.-Ростов-н/Д, 1982.-С.154.
6. Безуглый Л.И. Роторная обработка отверстий на цилиндрических поверхностях методом обкатки осевым инструментом.//Конструирование и технология производства с.-х. машин: Респ. межвед. науч.-техн. об. (Киев).-1982.-Вып.12.-С.72-75.
7. Безуглый Л.И. О производительности роторной обработки отверстий методом обкатки на периферии деталей класса дисков//Конструирование и технол.пр-ва с.-х.машин: Респ.межвед.об.(Киев).-1983.-Вып.13.-С.59-61.
8. Безуглый Л.И. Исследование точности отверстий, обработанных методом обкатки на периферии высевающих дисков//Конструирование и технология пр-ва с.-х. машин: Респ.межвед.науч.-техн.об.(Киев)-1984.-Вып.14.-С.48-51.
9. Безуглый Л.И. О делении при роторной обработке отверстий на цилиндрических поверхностях методом обкатки//Конструирование и технология пр-ва с.-х. машин: Респ. межвед. науч.-техн. об.(Киев).-1985.-Вып.15.-С.84-87.

1985