

УДК 681.7.053.4

## **МИКРОПРОГРАММА ДЛЯ ПОДБОРА ГИТАРЫ СМЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Магистрант Сивак В.М.

*Научный руководитель – ст. преподаватель Ажар А.В.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Автоматизация этапов технологической подготовки производства (ТПП) позволяет ускорить процесс производства, повысить качество продукции и снизить затраты на производство. Автоматизация этапа определения требований к оборудованию и инструментам может включать использование компьютерных программ для расчета необходимых характеристик оборудования и инструментов в соответствии с требованиями технологического процесса.

Современные САПР имеют встроенные API (Application Programming Interface) и среды для написания и запуска макросов. API – это описание способов взаимодействия одной компьютерной программы с другими. Которые позволяют реализовывать модули и микропрограммы непосредственно в используемом пакете САПР. Макрокоманда, макроопределение или макрос — программный алгоритм действий, записанный пользователем. Часто макросы применяют для автоматизации рутинных действий. Данные модули позволяют упростить выполнение типовых задач, расширить базовый функционал САПР. Также ускорить технологическую подготовку производства. Недостатками такого подхода может являться низкая гибкость системы для выполнения нетиповых задач.

Одним из видов таких модулей является автоматический расчет передаточного отношения для гитар сменных зубчатых колес, который реализован в MS Excel. Этот расчет необходим для настройки станков с кинематическими связями между узлами через такие гитары для реализации сложных движений (обката, деления, винтообразования) или движений повышенной точности. Это широкий спектр универсальных (токарно-винторезные, горизонтально-фрезерные) и специализированных

(зубообрабатывающие, резбонарезные, затыловочные) станков. Гитары сменных зубчатых колес входят в состав приводов главного движения и подачи ряда переналаживаемых агрегатных станков, состоящих из унифицированных шпиндельных головок и бабок, силовых столов. Гитары используют в приводной технологической оснастке, например, в универсальной делительной головке расширяющей технологические возможности универсальных или широкоуниверсальных фрезерных станков. Так для получения винтовой канавки на цилиндрической поверхности заготовки при изготовлении ходового винта, фрезеровании стружечных канавок таких инструментов как концевая или цилиндрическая фреза, сверло, зенкер, развертка с винтовым зубом на универсально-фрезерном станке согласовывают поворот заготовки с продольным перемещением стола. Для этого шпиндель делительной головки связывают с вращением ходового винта продольного перемещения стола с помощью двупарной гитары сменных зубчатых колес. Схема гитары сменных колес изображена на рисунке Рисунок 1.

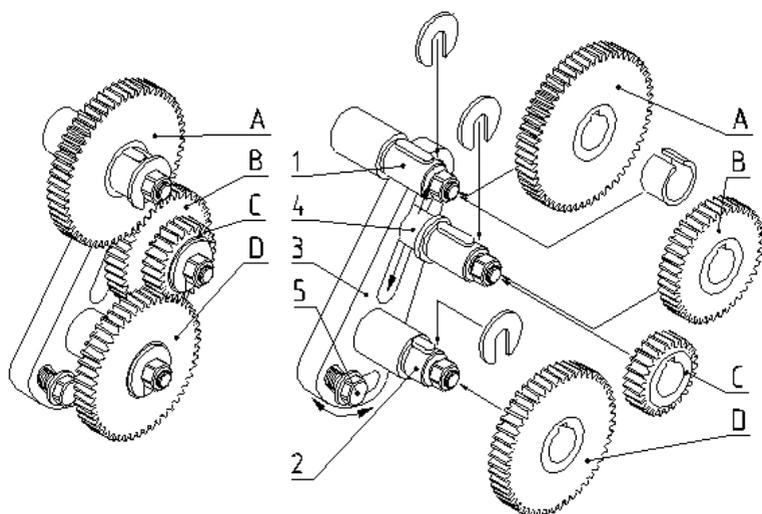


Рисунок 1 – Схема гитары сменных колес

1) ведущий вал; 2 – ведомый вал; 3 – приклон; 4 – промежуточный вал; 5 – фиксирующий болт; А, В, С, D – сменные зубчатые колеса.

Обычно подбор колес осуществляется по таблицам для подбора, логарифмическим способом, способом разложения на сомножители, способом замены чисел на приближенные дроби. Передаточное отношение сменных колес гитары определяется по формуле:

$$i = \frac{N \cdot P_B}{P_x};$$

где  $N$  – характеристика делительной головки (принимается  $N=40\dots120$ );

$P_B$  – шаг ходового винта продольного перемещения стола станка, мм.

$P_x$  – шаг винтовой стружечной канавки; определяется по формуле:

$$P_x = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg}\omega};$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм;

$\omega$  – угол наклона стружечной канавки, град.

Подбор сменных шестерен гитары производится по формуле:

$$i = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{N \cdot P_B}{P_x}.$$

Далее подобранные колеса проверяются по условиям зацепления:

$$a + b \geq c + 22;$$

$$c + d \geq b + 22.$$

Автоматизация подбора разработанным алгоритмом позволяет ускорить данный процесс в разы. Записав результаты подбора в таблицу, алгоритм представляет несколько возможных конфигураций зубчатых колес и выводит погрешность подобранных колес. Общая структура алгоритма представлена на рисунке 2, а общий вид программы для расчета передаточного отношения, реализованной в *MS Excel*, на рисунке 3. В поле « $i$ » вводится необходимое передаточное число, рассчитанное по формуле, в поле «точность» – коэффициент допустимой погрешности с условием: что точность должна быть больше нуля и меньше или равна единице. При нажатии на кнопку «*Calculation abcd*», алгоритм начнет заполнение таблицы значениями  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ .

Значения, которые наиболее подходят к условиям зацепления, передаточному отношению и точности и будут искомыми парами колес и занесены в таблицу.

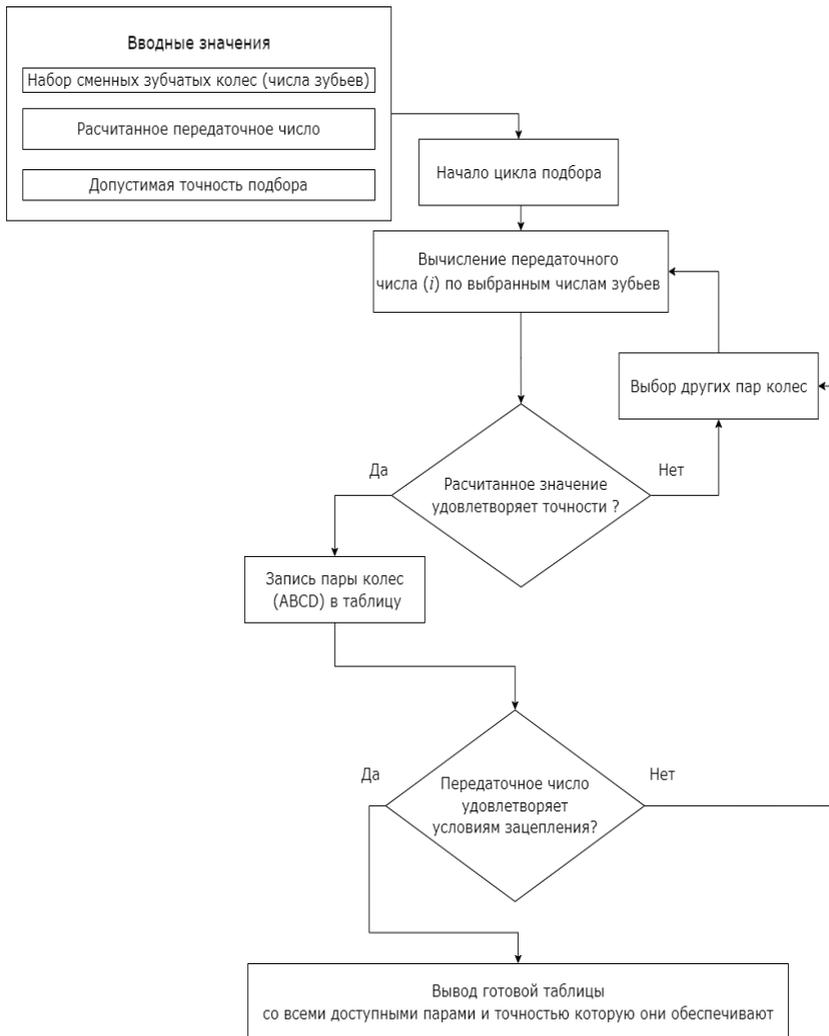


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма расчета гитары сменных зубчатых колес

Calculation abcd	
i	0,168379864
точность	0,003 0,30%

a	c	b	d	a+b > c+22	c+d > b+22	действ. i	delta i	погрешность i	c/b
23	58	79	100	да	да	0,1688608	0,000481	0,286%	1,362068966
23	55	75	100	да	да	0,1686667	0,000287	0,170%	1,363636364
23	71	97	100	да	да	0,1683505	0,000029	0,017%	1,366197183
23	30	41	100	да	да	0,1682927	0,000087	0,052%	1,366666667
23	65	89	100	да	да	0,1679775	0,000402	0,239%	1,369230769
23	73	100	100	да	да	0,1679	0,000480	0,285%	1,369863014
23	61	85	98	да	да	0,1684274	0,000048	0,028%	1,393442623

Рисунок 3 – Общий вид программы для расчета гитары сменных зубчатых колес

Данный алгоритм можно разложить на несколько этапов:

- 1) Чтение данных с файла MS Excel и создание временных переменных. В данной части алгоритма именованный диапазон записывается в память как 4 (a,b,c,d) списка колес, и переменная для учета «Допустимой погрешности».
- 2) Далее алгоритм перебирает все 4 списка по очереди, подставляя значения в формулу  $i = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$  из списков пока не дойдет до конца каждого из списков, что соответственно сложности алгоритма  $O(N^4)$ , где N – количество колес в введенном наборе зубчатых колес.
- 3) Поскольку получить расчетное передаточное отношение на некоторых гитарах не представляется возможным, в программу введен коэффициент точности K, который принимается опытным путем и из заводских условий. Данный коэффициент влияет на точность отбора. Программа производит отбор по следующему условию:

$$i_{\text{расч}} \cdot (1 - K) \leq i_{\text{итерационное}} \leq i_{\text{расч}} \cdot (1 + K),$$

где

$i_{\text{расч}}$  – расчетное значение передаточного отношения, введенного в программу;

$i_{\text{итерационное}}$  – значение, рассчитанное на одной из итераций;

K – коэффициент допустимой погрешности, введенный в программу.

Тем самым микропрограмма позволяет не использовать таблицы подбора и более сложные способы подбора сменных зубчатых колес, и так как микропрограмма позволяет получить несколько наиболее близких искомым значений, отсортировать их по точности и уже из списка выбрать наиболее подходящий вариант. Это позволит упростить этот этап технологической подготовки в разы. Данная микропрограмма прошла апробацию на ОАО МТЗ в цехе СИиТО, где показала свою эффективность при технологической подготовке производства инструментальной оснастки.

### *Литература*

1. Интегрированная среда разработки VBA : лабораторный практикум по дисциплине «Информационные системы и сети» для студентов специальности 1-02 06 02 «Технология. Дополнительная специальность» / сост.: Н.И. Астапчик, А.Ю. Зуенок; Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2013. – 81 с.  
URL:<https://rep.bntu.by/handle/data/6287>.
2. Ажар, А.В. Технология инструментального производства : пособие для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» специализации 1-36 01 03-02 «Инструментальное производство» : в 2 ч. / А.В. Ажар; Белорусский национальный технический университет, кафедра «Технологическое оборудование». – Минск : БНТУ, 2022. – Ч.1. – 72 с.  
URL:<https://rep.bntu.by/handle/data/109737>.