

УДК 681.7.023.72

## ГРУППОВОЙ МЕТОД ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТЕКЛА ПЛОСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Филонова М.И., Козерук А.С., Попкович А.И., Якубович А.Д., Диас Гонсалес Р.О.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Рассмотрена схема обработки конических поверхностей посредством их притирания к плоскому инструменту и предложено техническое решение для реализации такой обработки. Использование созданного авторами устройства позволяет реализовать групповой метод формообразования конических деталей с отклонением образующей конуса от прямолинейности не более 0,00012 мм. Разработана математическая модель, устанавливающая закономерности съема припуска с конической детали плоским инструментом. Предложена методика оптимизации наладочных параметров технологического оборудования.

**Ключевые слова:** коническая поверхность, плоский инструмент, свободное притирание, параметры обработки.

## GROUP METHOD OF FORMING CONICAL GLASS PARTS USING A FLAT TOOL

Filonova M.I., Kozeruk A.S., Popkovich A.I., Yakubovich A.D., Dias Gonsales R.O.

Belarusian national technical university  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The scheme of processing conical surfaces by grinding them to a flat tool is considered and a technical solution for the implementation of such processing is proposed. Using the created device allows implementing the group method of forming conical parts with a deviation of the generatrix of the cone from straightness of not more than  $\pm 0.00012$  mm. A mathematical model of the patterns of removal of stock from a conical part with a flat tool is developed. The proposed optimization technique for the adjustment parameters of technological equipment.

**Key words:** conical part, flat tool, free grinding, processing parameters.

Адрес для переписки: Филонова М.И., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: filonovami@bntu.by

В оптико-электронных приборах, предназначенных для измерения дальности до объекта импульсным методом, эффективным является обеспечение максимальной добротности импульсов лазерного излучения [1]. В оптической схеме дальномера применяют конические линзы – аксиконы. В настоящее время в странах ближнего и дальнего зарубежья обработка такой оптической детали осуществляется малопроизводительными методами, или методами, не обеспечивающими высокую точку обработки.

Поэтому разработка технологии групповой обработки аксиконов (оптических конических деталей) с применением инженерных методов управления процессом формообразования их поверхностей плоским инструментом является актуальной научно-технической проблемой.

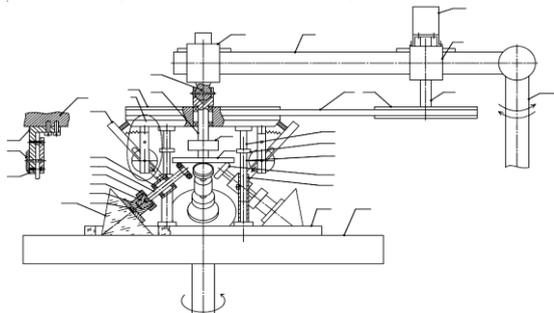


Рисунок 1 – Схема устройства для обработки образующей конических линз

Устройство для обработки конической поверхности (рисунок 1) [2] содержит соединенные между собой клиноременной передачей 1 ведущий 2 и ведомый 3 шкивы. Первый из них вращается вместе с ведущим шкивом 4 в дополнительной зажимной колодке 5, а второй установлен с возможностью вращения вокруг оси вала ведомого шкива 6, неподвижно соединенного через компенсационную муфту 7 с планшайбой с хвостовиком 8 и шарнирно – с поводком 9, который, в свою очередь, неподвижно закреплен в основной зажимной колодке 10. Основная 10 и дополнительная 5 зажимные колодки установлены подвижно на выходном звене исполнительного механизма станка 11, находящегося в шарнирном соединении с его приводным валом 12. На дополнительной колодке 5 смонтирован электродвигатель 13, соединенный с валом ведомого шкива 4. На ведомом шкиве 3 закреплены неподвижные кронштейны 14 с лимбами 15 и верхние части гибких стоек 16, соединенных с помощью компенсационных муфт 17 с нижней частью гибких стоек 18, находящихся в подвижном соединении с полыми стойками 19, жестко соединенными с установленной на инструмент 20 правильной пластиной 21, снабженной отверстиями для обрабатываемых деталей 22. Подвижные кронштейны 23 с указателями 24 установлены с возможностью вращения вокруг осей лимбов относительно неподвижных двух кронштейнов 14. С нижним

концом подвижных кронштейнов 23 жестко связаны узлы крепления обрабатываемых деталей в виде втулок 25, в которых с возможностью вращения установлены оси 26. На одном конце осей 26 закреплены фрикционные колеса 27, находящиеся в кинематической связи с планшайбой с хвостовиком 8, а второй конец осей 26 соединен с конусами 28, помещенными в конусные отверстия цанг 29, соединенных с контактными плоскопараллельными стеклянными пластинками 30, несущими конические детали 22. Сопряжение конусов 28 с цангами 29 зафиксировано гайками 31. Для компенсации колебаний инструмента 20 в горизонтальной плоскости, обусловленных биением шпинделя станка, служат компенсационные муфты 7 и 17.

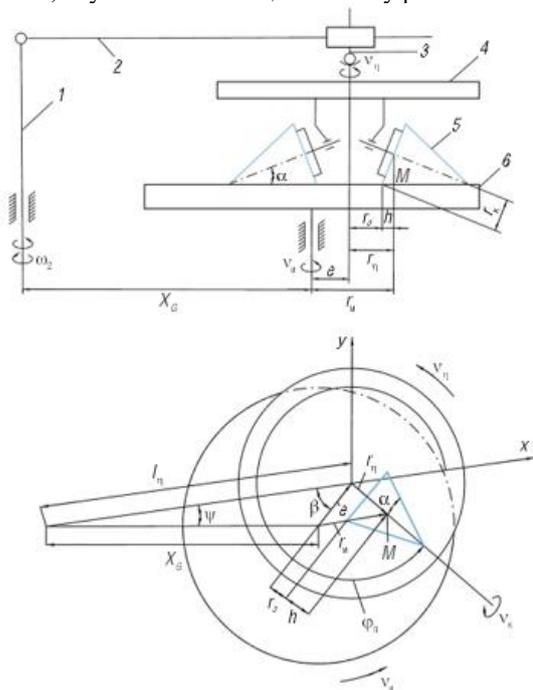


Рисунок 2 – Схема обработки деталей с коническими поверхностями (а) и векторная схема для ее расчета (б)

Для осуществления математического моделирования закономерностей обработки предлагается обработка оптических деталей с коническими поверхностями в условиях их свободного притирания к инструменту в виде планшайбы [2]. Схема такой обработки приведена на рисунке 2, а. Здесь возвратно-вращательное движение стойки 1 базового шлифовально-полировального станка модели ЗШП-350 через выходное звено исполнительного механизма (рычаг) 2 и поводок 3 преобразуется в колебательное движение планшайбы 4 вместе с коническими деталями 5 относительно инструмента 6, а вращение последнего сообщает, благодаря наличию сил трения, относительное вращение деталям, которые в результате совершают сложное движение по рабочей поверхности инструмента.

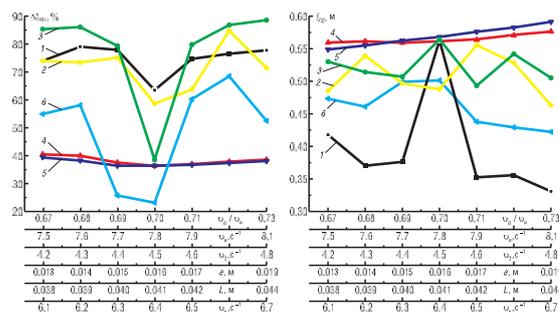


Рисунок 3 – Закономерности изменения относительного расхождения  $\Delta l_{отн}$  (а) и среднего арифметического значения  $l_{cp}$  (б) путей трения при обработке боковой поверхности конической линзы в зависимости от величины:  $v_{пл}/v_n$  при  $v_n = 5,0 c^{-1}$ ,  $v_2 = 4,0 c^{-1}$ ,  $e = 0,01 м$ ,  $L = 0,04 м$ ,  $v_k = 3,0 c^{-1}$  (кривая 1);  $v_n$  при  $v_{пл}/v_n = 0,7$  и прежних  $v_2, e, L, v_k$  (кривая 2);  $v_2$  при  $v_{пл}/v_n = 0,7$ ,  $v_n = 7,8 c^{-1}$  и прежних  $e, L, v_k$  (кривая 3);  $e$  при  $v_{пл}/v_n = 0,7$ ,  $v_n = 7,8 c^{-1}$ ,  $v_2 = 4,5 c^{-1}$  и прежних  $L, v_k$  (кривая 4);  $L$  при  $v_{пл}/v_n = 0,7$ ,  $v_n = 7,8 c^{-1}$ ,  $v_2 = 4,5 c^{-1}$ ,  $e = 0,016 м$  и прежней  $v_k$  (кривая 5);  $v_k$  при  $v_{пл}/v_n = 0,7$ ,  $v_n = 7,8 c^{-1}$ ,  $v_2 = 4,5 c^{-1}$ ,  $e = 0,016 м$ ,  $L = 0,041 м$

Используя модель, изложенную в [3], можно определить скорость скольжения в любой точке обрабатываемой конической поверхности. Были проведены технические исследования закономерностей формообразования конической линзы высотой 25 мм и диаметром основания 12,5 мм. В качестве регулируемых параметров процесса обработки принимали частоты вращения инструмента, конуса и входного звена исполнительного механизма станка, отношение частот вращения правильника и инструмента, а также амплитуду возвратно-вращательного движения первого из них по рабочей поверхности второго и их относительное смещение. Рассчитывали относительное расхождение путей трения, характеризующее качество обработки, и среднее арифметическое значение этих путей, пропорциональное производительности съема припуска с заготовки. Данные показатели определялись как при изменении каждого из отмеченных параметров в отдельности, так и при попарном их изменении в 15 различных комбинациях.

Были определены наиболее выгодные регулируемые параметры технического оборудования.

Результаты определения рациональных регулируемых параметров процесса обработки конических деталей на рассматриваемом устройстве по изложенной методике приведены на рисунке 3, а, а на рисунке 3, б показаны полученные при этом закономерности изменений средних арифметических значений путей трения. Из анализа этих результатов следует, что изменения эксцентриситета  $e$  между осями вращения инструмента и планшайбы (кривая 4 на рисунке 3, а), а также амплитуды возвратно-вращательных движений последней (кривая 5) практически не влияют как на

точность, так и на производительность обработки. Поэтому на практике можно принимать средние значения этих параметров.

Проведенные исследования производительности и качества обработки конических поверхностей при попарном изменении принятых в нашем случае регулируемых параметров показали, что из возможных различных их комбинаций наиболее выгодно назначать сочетание «частота вращения конуса – эксцентриситет между осями симметрии инструмента и планшайбы».

#### Литература

1. Карасик, В.Е. Лазерные системы видения / В.Е. Карасик, В.М. Орлов. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
2. Устройство для обработки деталей с коническими поверхностями: патент РБ 17104 / А.С. Козерук [и др.].
3. Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фіз.-тэхн. навук. – 2021. – Т. 66, № 4. – С. 441–450.
4. Устройство для групповой обработки деталей с коническими поверхностями: патент РБ 21163 / А.С. Козерук [и др.].

УДК 535.6:681.628.94:681.7.069.2

### СВЕТОДИОДНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИМИТАТОРА ДНЕВНОГО СВЕТА D50

Цвирко В.И., Острецов Е.Ф., Лишик С.И.

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Проведено моделирование спектра излучения светодиодного модуля для имитатора дневного света D50 на основе коммерческих светодиодов и люминофорных композиций, наносимых на светодиоды. Результирующий спектр имитатора дневного света был сформирован с использованием экспериментальных спектральных распределений излучения семи источников света, изготовленных на основе коммерческих ультрафиолетовых, синих, белых светодиодов и люминофорных композиций с зеленым и красным люминофорами. Проведена оценка соответствия ряда характеристик разработанного имитатора дневного света D50 требованиям стандарта ISO 3664:2009.

**Ключевые слова:** светодиод, стандартный источник света, индекс цветопередачи, индекс метамеризма.

### LED MODULE FOR DAYLIGHT SIMULATOR D50

Tsvirka V., Ostretsov E., Lishik S.

*SE "Center of LED and Optoelectronic Technologies of National Academy of Sciences of Belarus"  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The emission spectrum of an LED module was simulated for a D50 daylight simulator based on commercial LEDs and phosphor compositions applied to the LEDs. The resulting spectrum of the daylight simulator was formed using experimental spectral radiation distributions of seven light sources made on the basis of commercial ultraviolet, blue, white LEDs and phosphor compositions with green and red phosphors. The compliance of a number of characteristics of the developed D50 daylight simulator with the requirements of the ISO 3664:2009 standard was assessed.

**Key words:** LED, standard light source, colour rendering index, metamerism index.

*Адрес для переписки: Цвирко В.И., Логойский тракт, 20, г. Минск, 220090, Республика Беларусь  
e-mail: vitalii.tsvirko@gmail.com, rnd@ledcenter.by*

Имитаторы дневного света (ИДС) D50 используются в полиграфической промышленности для визуальной оценки цвета. Ранее для создания ИДС использовали гибридный подход (комбинация монохромных светодиодов, галогенных ламп и интерференционных фильтров) [1] или комбинацию коммерческих монохромных и белых светодиодов [2].

Ранее нами был предложен и успешно опробован способ создания светодиодного ИДС типа D65 на основе коммерческих светодиодов и люминофорных композиций [3]. Созданный светодиодный модуль (СМ) для ИДС D65 наиболее близко воспроизводит спектральную характеристику ИДС D65 в диапазоне длин волн от 400 нм до 660 нм, благодаря чему практически все требования к спектральным характеристикам ИДС

D65, изложенные в публикации МКО № 51.2, были выполнены, за исключением индекса метамеризма ультрафиолетового диапазона, который составил 4,5. Это не позволяет использовать разработанный ранее ИДС D65 для работы с флуоресцирующими материалами.

Современные требования к спектральному распределению энергии ИДС D50 изложены в стандарте ISO 3664:2009 (Условия просмотра. Полиграфия и фотография), который на территории стран СНГ введен в действие только на территории Республики Казахстан под наименованием СТ РК ISO 3664-2017. В качестве эталонного источника света для полиграфии принято спектральное распределение энергии стандартного источника света МКО D50 (согласно публикации МКО № 15), которое представляет собой