

$$\dot{q}_{2t \rightarrow \infty} = \frac{P_k F - P}{kF^2} = 2v_y \quad (52)$$

It follows from stated above that , at a small increase of the motion resistance force  $P$  of one piston, its velocity approaches zero and the velocity of other piston approaches double value of steady motion velocity. Although the dissipative forces depending on motion velocity of the pistons, the friction forces under relative motion of the elements, the liquid leaks causing a fluid pressure decrease are neglected ,this research shows expedience of taking account of the non-holonomic constraints that enables well-groundedly to judge by processes occurring in the real machine units and more exactly to determine parameters of motions.

**References.** 1. Levitsky D.N.: About influence of drives to dynamics of mechanisms at differential constraints. - Mechanical Engineering, 1979, N 5; pp. 41-46. 2. Stringer J.D. Hydraulic System Analysis. Mac Millan, London, 1976. 3. Romiti A. Modelling and analysis of Fluid Powered Robots / Proceedings of the 4-th IFAC/IFID symposium, 1982. P.p. 91-96

УДК 681.83

Ю.С. Межинский, С.Е. Карпович

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ 2D-3D ОБЪЕКТОВ В ПРОЗРАЧНЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Белостокский технический университет*

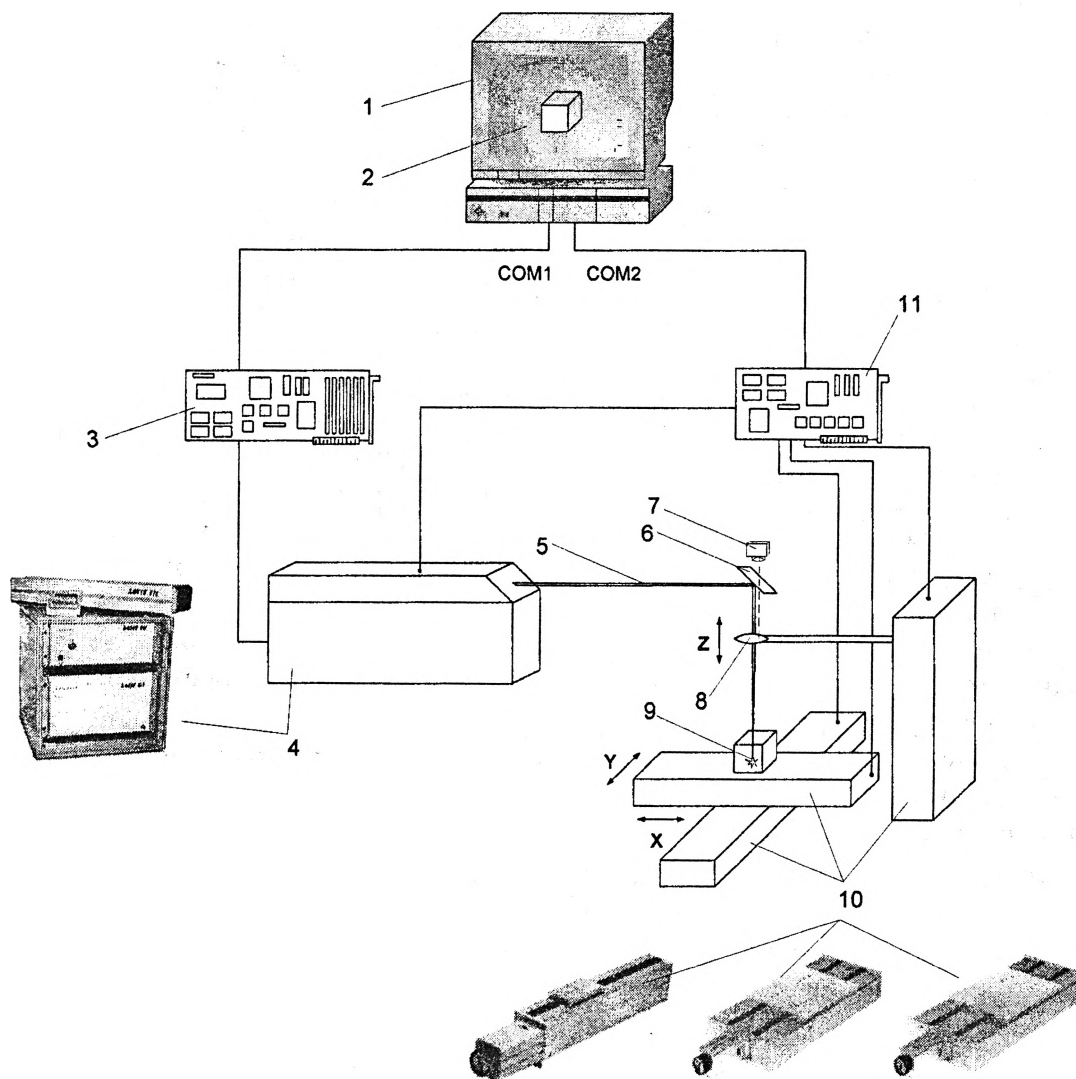
*Минск, Беларусь  
Bialystok, Poland*

В настоящее время известны лазерные системы, предназначенные для поверхностной обработки материалов. Это системы лазерного фрезерования, резания, гравирования и маркировки, для которых уже разработано программное обеспечение в соответствии с их технологическими процессами. Рассматриваемая в настоящей работе установка отличается тем, что обеспечивает формирование трехмерных изображений в объеме.

Она состоит (рис. 1) из персонального компьютера с программным обеспечением, лазерной системы с платой управления лазером и трехкоординатной системы с ее контроллером. Установка работает следующим образом. Сфокусированный лазерный луч производит локальное нарушение (дефект) структуры в точечной области заготовки. Дефект является элементом строящегося трехмерного изображения. Множество таких дефектов формирует оболочку трехмерного объекта. Качество гравировки и производительность установки в первую очередь зависит от дискретизации трехмерных объектов. В связи с этим в настоящей работе решались следующие задачи:

- дискретизация плоских изображений, заключающаяся в отображении исходного растрового изображения в векторное путем формирования геометрических объектов в тех точках пространства, которым соответствует участок растрового изображения, преодолевший некоторый предел яркости,
- дискретизация объемных изображений, заключающаяся в отображении набора трехмерных объектов в множество точек, своим расположением повторяющих очертания объекта,
- отображение полученной точечной картины с возможностями настройки параметров отображения, позволяющее оператору комплекса видеть результат обработки,

- редактирование полученной точечной пространственной картины с возможностями смещения, поворота вокруг координатных осей, а также изменения масштаба изображения,
- возможность настройки параметров электронных устройств для обеспечения гибкости модернизации аппаратной базы, либо для использования программного обеспечения в других разработках,
- управление электронными устройствами лазерной установки и трехкоординатной системы в ходе технологического процесса.



- 1 – персональный компьютер с запущенным программным комплексом
- 2 – подготовленный для гравирования объект (в памяти ЭВМ)
- 3 – контроллер лазерного устройства
- 4 – лазер
- 5 – луч лазерного импульса
- 6 – диэлектрическое зеркало
- 7 – датчик наличия дефектов, оснащен фильтром, подавляющим излучение с длиной волны лазера, но пропускающий видимое излучение плазмы из области пробоя
- 8 – линза, фокусирующая лазерный луч в образец
- 9 – технологический дефект (стекло нагрето до температуры плазмы)
- 10 – координатная система
- 11 – контроллер координатной системы

Рис. 1 Аппаратная часть комплекса для лазерного формирования 2D-3D объектов

Программное обеспечение комплекса лазерной обработки представлено приложением Sculptor для Win32-совместимых операционных систем, а также специальными программами, сценариями, для известной среды проектирования и обработки трехмерных изображений 3D Studio MAX версии 3.0, написанными на внутреннем языке данной среды MaxScript. Сценарии реализуют алгоритмы дискретизации трехмерных объектов.

В работе проведен анализ методов дискретизации объемных изображений, таких как: метод дискретизации параллельными лучами, метод дискретизации обработкой сечений, метод дискретизации наполнением треугольников и метод дискретизации наложением точечного покрытия. Первые три метода реализованы в разработанном программном обеспечении.

Остановимся более подробно на двух методах, нашедших применение в разработанной установке. Наиболее часто с данной установкой используется метод дискретизации обработкой сечений. Этот метод основан на использовании объекта «сечение» (Section). Объект «сечение» представляет собой набор замкнутых контуров, порожденный сечением объектов сцены.

«Рассечение» объекта реализовано следующим образом. Производится полный перебор треугольников, из которых состоит объект, и если очередной треугольник пересекается секущей плоскостью, строится отрезок, являющийся пересечением плоскости и треугольника. После этого производится анализ смежного треугольника, и если он тоже удовлетворяет требованиям пересечения, порожденный отрезок присоединяется к предыдущему. Результатом обработки объекта будет в самом простом случае контур, в более сложном варианте – набор замкнутых контуров.

После этого алгоритм, написанный на языке сценариев, производит анализ каждого замкнутого контура, при этом выполняет непосредственное порождение точек, выставляя их вдоль ломанной.

Метод дискретизации наполнением треугольников основан на использовании изначальной структуры объектов при хранении.

Осуществляется перебор всех треугольников и их последующее заполнение точками с заданным интервалом. Тем самым создается множество точек, повторяющее контур. Достоинством метода является относительно высокая скорость. Однако, алгоритм имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, при такого рода заполнении каждый треугольник заполняет своё ребро, общее со смежным треугольником, чем порождает дополнительный набор точек в том же самом геометрическом месте точек. При небольших расстояниях между ними возможно повреждение образца. А обходя эту проблему, мы избавляемся от ребер. Этим мы порождаем проблему отсутствия граней, как таковых, в целевом пространстве точек.

Для удобства пользователя в приложении реализован алгоритм многопоточного обновления изображения с буферизацией. Реализация этого алгоритма позволяет выполнять трудоемкие преобразования на фоне выполнения программой взаимодействия с пользователем.

По окончании всех необходимых пользователю операций по подготовке изображения программа выполняет взаимодействие с контроллером координатной системы, используя для этого стандартный интерфейс RS-232C. Для взаимодействия с контроллером трехкоординатной системы реализован специальный протокол, основанный на использовании протокола станков ЧПУ, также известного как CNC-протокол.

Работа выполнялась в рамках научно-исследовательской тематики научной лаборатории математического моделирования технических систем ГНПКТМ «Планар» – БГУИР и белорусско-японского совместного предприятия «LOTIS ТП». Она посвящена разработке алгоритмов и созданию программного обеспечения установки лазерного гравирования в стекле и других прозрачных диэлектриках.