

На основании проведенных экономических исследований эффективности скармливания в рационах бычков плющеного зерна кукурузы, консервированного *НВ-2* и *AIV 3 Plus*, можно сделать заключение о целесообразности заготовки и использования данного корма в кормлении молодняка крупного рогатого скота на откорме [1].

На основании проведенных экономических исследований эффективности скармливания в рационах бычков плющеного консервированного ячменя и тритикале можно сделать заключение о целесообразности его заготовки в хозяйстве и использовании в кормлении молодняка крупного рогатого скота.

**Заключение.** Введение в рацион молодняка крупного рогатого скота кормов, заготовленных по прогрессивным технологиям, позволяет увеличить прирост живой массы и снизить ее себестоимость.

#### Список цитируемых источников

1. Приемы повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков [и др.]. — Жодино : Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству, 2010. — 244 с.
2. Шоу, Г. Влияние кормления на содержание ЛЖК в рубце, переваримость корма и эффективность привесов у бычков-кастратов / Г. Шоу / Сел. хоз-во за рубежом. — 1961. — № 1. — С. 20—25.
3. Алимов, Т. К. Использование заменителей молока при выращивании телят-ягнят / Т. К. Алимов. — М. : ВНИИТЭНСХ, 1981. — 59 с.
4. Ижболдина, С. Н. Использование кормов молодняком крупного рогатого скота / С. Н. Ижболдина // Зоотехния. — 1998. — № 4. — С. 15.
5. Кошелева, Г. Новая система выращивания телят в Нидерландах / Г. Кошелева, Е. Ляховская // Животноводство России. — 2002. — № 3. — С. 13.
6. Кириллов, М. П. Особенности обмена веществ у молодняка крупного рогатого скота при скармливании небелковых азотистых веществ / М. П. Кириллов // Физиологические основы кормления и повышения использования питательных веществ животными : бюл. науч. работ. — Убровицы, 1983. — Вып. 70. — С. 124—131.
7. Васько, П. П. Силосование плющеного зерна — эффективный метод приготовления высококачественного корма / П. П. Васько, С. В. Абрамова // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов. — Минск : ИВЦ Минфина, 2005. — С. 282—288.
8. Девяткин, А. И. Рациональное использование кормов / А. И. Девяткин. — М. : Росагропромиздат, 1990. — 256 с.

УДК 681.5:535

А. В. Райков, И. А. Богданович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

## СПОСОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

**Введение.** Печатные платы используются в различных отраслях современного хозяйства. Каждое изделие, имеющее в своем составе электронный модуль, требует использования печатной платы. Размер и сложность ее зависят от назначения — от небольшой в простейшей детской игрушке до сложной многослойной в особо точном станке [1—4]. Конструктивно печатная плата состоит из диэлектрического основания и неразъемно с ним связанных элементов, которые нельзя удалить, не повредив при этом конструкцию.

Не всегда является возможным и целесообразным применение стандартизированных печатных плат, выпускаемых промышленностью.

Целью работы являлась разработка автоматизированного способа изготовления печатных плат с помощью оборудования лазерной гравировки с числовым программным управлением (далее — ЧПУ), отвечающего требованиям по его эксплуатации.

**Основная часть.** В настоящее время существует множество способов маркировки деталей. К ним относятся клеймение, электрохимическая, термотрансферная печать, каплеструйная маркировка (чернилами), маркировка лазером, маркировка ударно-точечная, нанесение прочерчиванием [1—4]. Анализ имеющейся информации показал, что одним из самых актуальных способов изготовления печатных плат является их лазерная гравировка с помощью станков с ЧПУ. Это простая, но в то же время надежная технология; лазерная маркировка материалов позволяет быстро создавать долговечные и качественные результаты.

Метод лазерной обработки основан на явлении усиления электромагнитных колебаний при помощи вынужденного излучения атомов и молекул. Оно происходит при взаимодействии фотона с возбужденным атомом при точном совпадении энергии фотона с энергией возбуждения атома (или молекулы).

Лазерная обработка обладает следующими преимуществами: низкая энергоемкость; высокая производительность; высокая концентрация энергии лазерного луча на поверхности заготовки и в объеме

ее материала; экологическая чистота; легкость и высокая скорость транспортировки этой энергии; бесконтактность воздействия; высокая точность; отсутствие механического и локальность термического воздействия луча на материал; возможность осуществления процессов, недоступных или труднодоступных большинству других технологий; возможность обработки широкого спектра материалов; простота стыковки лазерного генератора с системой ЧПУ перемещения луча или детали [5—13].

Для создания маркировки на металлических материалах и изделиях используются мощные лазеры (оптические квантовые генераторы). Для лазерной гравировки более предпочтительно использование твердотельных лазеров. Современный комплекс для лазерной маркировки состоит из излучателя, управляющего компьютера, системы контроля параметров излучения, системы транспортировки и развертки луча.

Анализ технологического процесса лазерной гравировки показал, что для повышения его производительности можно сократить вспомогательное время, связанное с перебазировкой, фиксацией и организацией непрерывного процесса изготовления деталей сложной формы или с труднодоступными зонами. Этого можно достичь путем создания автоматизированной системы изготовления печатных плат, предполагающей использование лазерного устройства с ЧПУ для маркировки деталей.

Для создания макета станка с ЧПУ для маркировки деталей лазером были рассмотрены конструкции и технические характеристики существующих лазерных маркировщиков различных фирм производителей.

В качестве основного аналога взят станок с подвижным порталом, обеспечивающий перемещение лазерной головки в продольном и поперечном направлениях.

Для фокусировки лазера по высоте имеется вертикальное перемещение лазера. Для исключения перекоса и заклинивания движения портала в продольном направлении необходимо наличие двух шаговых приводов, при этом портал оставить неподвижным в продольном направлении. В поперечном направлении движение происходит перемещением лазерной головки. В вертикальном направлении перемещение происходить не будет, так как фокус лазера будет выставляться с помощью фокусирующей линзы. В качестве материала для изготовления несущей системы была принята профильная квадратная труба из нержавеющей стали.

Электронная часть расположена в основании лазерной установки, в которой расположились плата управления шаговыми моторами и непосредственно самого лазера. Для управления шаговыми моторами будут использоваться два шаговых драйвера *S109* драйвер на основе *Toshiba TB67S109*. На платформе *Arduino Nano* установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами *Arduino* или микроконтроллерами. Шаговые драйвера и плата *Arduino Nano 3.0* будут помещены на материнскую плату, которая непосредственно будет связывать компьютер с шаговыми моторами и лазером. Шаговые моторы будут использоваться самые популярные — *Nema17*.

В качестве направляющих предлагается использовать полированные валы из высоколегированной стали, как правило, шарикоподшипникового типа (например ШХ-15). На рисунке 1 представлена опора для вала. Фиксация и монтаж — ручные с двух концов вала.

Передачу принимаем ременную, так как размеры станка невелики и нагрузка на ремни из-за малой массы портала и рабочего инструмента также незначительна.

На рисунке 2 представлена 3D-модель разработанного станка.

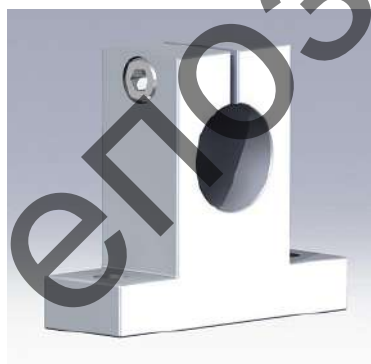


Рисунок 1 — Опора для вала

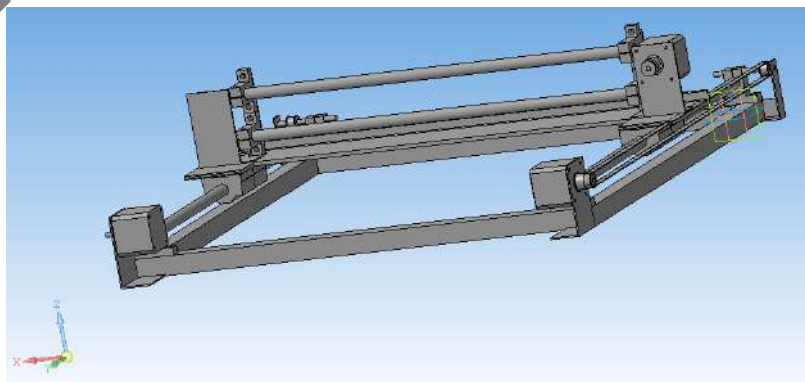


Рисунок 2 — Внешний вид станка

Рассчитаны и рекомендованы к применению основные узлы, которые будут подвержены нагрузке и износу: вал, линейный подшипник и зубчатый ремень.

**Заключение.** Предложен к использованию автоматизированный способ изготовления печатных плат, предусматривающий применение лазерного устройства с ЧПУ для маркировки деталей. Данное

техническое решение позволит осуществлять процесс лазерной гравировки в автоматическом режиме, что приведет к повышению производительности процесса за счет сокращения вспомогательного времени, связанного с перебазировкой и фиксацией заготовки. Кроме того, это позволит осуществлять непрерывный процесс изготовления деталей сложной формы или с труднодоступными зонами.

#### Список цитируемых источников

1. Бойко, В. И. Схемотехника электронных систем. Печатные платы / В. И. Бойко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 464 с.
2. Петухов, А. Б. Технологии изготовления печатных плат / А. Б. Петухов. — М.: РадиоСофт, 2004. — 544 с.
3. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника / Е. П. Угрюмов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2002. — 528 с.
4. Хрулев, А. К. Печатные платы медицинских приборов / А. К. Хрулев, В. П. Черепанов. — М.: РадиоСофт, 2001. — 960 с.
5. Клебанов, Ю. Д. Физические основы применения концентрированных потоков энергии в технологиях обработки материалов: учебник / Ю. Д. Клебанов, С. Н. Григорьев. — М.: МГТУ «Станкин», 2005. — 220 с.
6. Байбородин, Ю. В. Основы лазерной техники / Ю. В. Байбородин. — 2-е изд. — М.: Высш. шк., 1988. — 383 с.
7. Тычинский, В. П. Применения лазеров / В. П. Тычинский. — М.: Мир, 1974. — 230 с.
8. Федоров, Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применения / Б. Ф. Федоров. — М.: ДОСААФ, 1988. — 326 с.
9. Тарасов, Л. В. Лазеры и их применение / Л. В. Тарасов. — М.: Просвещение, 1983. — 129 с.
10. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении / И. К. Крылов [и др.]. — М.: Просвещение, 1978. — 346 с.
11. Леонтьев, П. А. Лазерная поверхностная обработка металлов и сплавов / П. А. Леонтьев, Н. Т. Чеканова, М. Г. Хан. — М.: Металлургия, 1986. — 143 с.
12. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / под ред. В. Я. Панченко. — М.: Физматлит, 2009. — 664 с.
13. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 662 с.

УДК 621

Ю. А. Расторгуева, Л. Л. Сотник

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА «ФЛАНЕЦ»

**Введение.** В современном машиностроительном производстве необходимо повышение эффективности технологической подготовки производства [1—3].

Одной из основных функций технологической подготовки производства является обеспечение технологичности конструкции изделия. В соответствии с ГОСТ 14.205-83 технологичность конструкции изделия — совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

В настоящее время важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами труда подготовить деталь, применив современное высокопроизводительное оборудование, инструмент и технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производства.

От принятой технологии производства во многом зависит долговечность работы выпускаемых машин, а также экономика их эксплуатации.

Развитие высокопроизводительных методов производства, повышение точности, мощности, коэффициента полезного действия и других показателей возможно достигнуть в результате разработки новых технологических методов и процессов. Точность в машиностроении имеет большое значение для повышения эксплуатационных качеств машин и для технологии их производства. Повышение точности изготовления заготовок снижает трудоемкость механической обработки. В свою очередь, повышение точности механической обработки сокращает трудоемкость сборки в результате устранения пригоночных работ и обеспечения взаимозаменяемости деталей изделия. Особое значение имеет точность при автоматизации производства. В этом случае необходимое количество и качество продукции должно получаться в результате устойчивой и надежной работы технологического оборудования.

**Основная часть.** Детали типа фланцев (рисунок 1) характеризуются сильно развитыми торцовыми поверхностями. В большинстве случаев оформляющие их основные поверхности являются телами вращения. Характерной конструктивной особенностью деталей типа фланцев является наличие притычных плоскостей с отверстиями для болтового крепления [4].

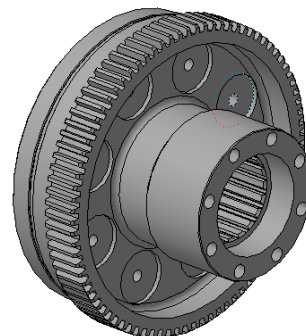


Рисунок 1 — Модель детали типа «Фланец»