

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

УДК: 681.171.074:004.356.2

УПРАВЛЕНИЕ ШАГОВЫМ ПРИВОДОМ 3D – ПРИНТЕРА

Батырканов Жениш Исакунович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: bjenish@mail.ru

Кадыркулова Кыял Кудайбердиевна, старший преподаватель Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: kyial_02@mail.ru

Белялов Шайбек Асланбекович, аспирант Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова, 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: shaibek.90@mail.ru

В настоящее время почти во всех иностранных и российских описаниях выпускаемых ими 3D-принтеров, от пользователя скрыта информация о структуре и кодах управляющих алгоритмов для рабочих органов 3D-принтера. В этой связи данное исследование является актуальным.

В данной работе рассматривается и решается задача построения алгоритмов управления по осуществлению движения рабочих органов 3D-принтера по предписанной пространственной траектории. В силу распространенности шаговых приводов в 3D-принтерах, рассматривается методика синтеза алгоритмов управления для приводов с шаговыми двигателями. Предписанная траектория в этой работе задается табличным способом, на основе задания контрольных точек, наносимых на пространственные модели изготавливаемых деталей. При этом, очевидно, что чем больше берется число контрольных точек, тем с большей точностью будет воспроизводиться деталь на 3D-принтере.

В данной работе, также рассматриваются вопросы технической реализации синтезированных управлений на основе компьютера.

Рассмотрены вопросы погрешности позиционирования ШД, а также вопросы выбора угловой скорости ШД.

Ключевые слова: 3D-принтер, шаговый двигатель, шаговый привод, предписанная пространственная траектория, единичный шаг, фазность ШД.

MANAGEMENT STEPPER OF 3D – PRINTER

Batyrkanov Zhenish I., Professor, Doctor of Technical Science, Vice-Rector for Research of the Kyrgyz Technical University named after I.Razzakov, 66 Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: bjenish@mail.ru

Kadyrkulova Kyial K., senior teacher, Kyrgyz Technical University named after I.Razzakov, 66 Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: kyial_02@mail.ru

Belialov Shaibek A., post-graduate student, Kyrgyz Technical University named after I.Razzakov, 66 Mira Avenue, Bishkek, 720044, Kyrgyz Republic, e-mail: shaibek.90@mail.ru

Currently, almost all 3D- printers made by foreign and Russian description and they are hidden from the users, information on the structure and codes of the control algorithms for the working bodies of the 3D- printer. In this regard, this study is important.

In this paper the problem is solved and the construction of the control algorithms to implement the movement of the workers of 3D- printer prescribed spatial trajectory. Due to the prevalence of stepper drives in 3D- printers, the technique synthesis algorithms of control for actuators with stepper motors. The prescribed trajectory in this work is given by the tabular method, on the basis of job control points applied to spatial models manufactured parts. It is obvious that the greater the number of reference points taken, the greater the accuracy will be reproduced on the item 3D- printer.

This work also addresses the technical implementation of synthetic-based control computer.

The problems of positioning errors SD, as well as issues of choice of the angular velocity of SM.

Keywords: 3D- printer, stepper motor, stepper drive, the prescribed spatial trajectory, a single step, Phase stepper motor.

Введение. 3D - технологий призвано для создания физических моделей из 3х - мерных моделей, разработанных в системах CAD. Устройства 3D- технологий (более известные как 3D- принтеры) – позволяют

получить прототип за небольшое время и с небольшими затратами. Применение данной технологии может сэкономить огромное количество времени на этапе разработки, так как обычно для создания прототипа требовалось построение технологической оснастки (что достаточно долгий процесс). На данный момент сама RP-технология (rapid prototyping) развилась до такой степени, что прототип по своим физическим свойствам приблизился к предметам, созданным при помощи традиционных технологий. Для RP-технологии сложность изготавливаемой детали не имеет большой роли. Эти два преимущества открыли возможность создавать готовые детали в сжатые сроки, и даже при значительном изменении конструкции изготавливаемых деталей не требуется изменения в технологической линии. RP-технология популярна среди рядовых пользователей как в качестве хобби, так и для обучения. В частности, 3D - принтеры способны создавать из 3х мерных моделей необходимую деталь методом послойного наплавления. В качестве материала используется пластик типа PLA и ABS. Устройство подключается к персональному компьютеру в качестве периферийного устройства и получает и интерпретирует управляющие команды в виде G-кода.

Актуальность. В настоящее время на базе технологических принципов и систем ЧПУ в России и за рубежом уже выпускаются 3D- принтеры различных модификаций (ZPrinter 310 System , Spectrum Z 510, Z810 System). Во всех этих 3D- принтерах структура алгоритмов и методика построения ПО скрыта от пользователя. Поэтому нет уверенности в их полной корректности по точности и достоверности реализуемых в них 3D - моделей. В результате возникают серьезные различные проблемы, приводящие порой к большим материальным и временным затратам.

В связи с этим представляется весьма актуальной задача исследования различных сторон построения 3D- принтеров. И особый интерес, и актуальность вызывает вопросы управления приводами 3D- принтера.

В абсолютно подавляющем случае на практике в 3D- принтерах используются шаговые приводы. В частности, это выпускаемые в России принтеры Picaso 3D Designer, Picaso 3D Builder и другие.

Здесь особо следует подчеркнуть тот факт, что во всех описаниях 3D- принтеров почти отсутствует информация о структуре алгоритмов управления шаговыми приводами и методике их синтеза, поэтому исследуемая проблема в этой работе является весьма актуальной.

Постановка задачи. В данной работе ставится и решается задача управления движением рабочего органа 3D- принтера по заданной предписанной пространственной траектории движения. В качестве рабочего органа может быть головка экструдера (печатающая головка) и платформа, где происходит формообразование деталей.

Вопросы управления приводами подачи полимерной нити на экструдер, управление температурным режимом и другие технологические вопросы 3D- принтера в данной работе не рассматриваются.

В частности, результаты данной работы по синтезу управляющих алгоритмов для трех шаговых двигателей (ШД) могут быть использованы в 3D- принтерах упрощенная структура которого показана на рис. 1.

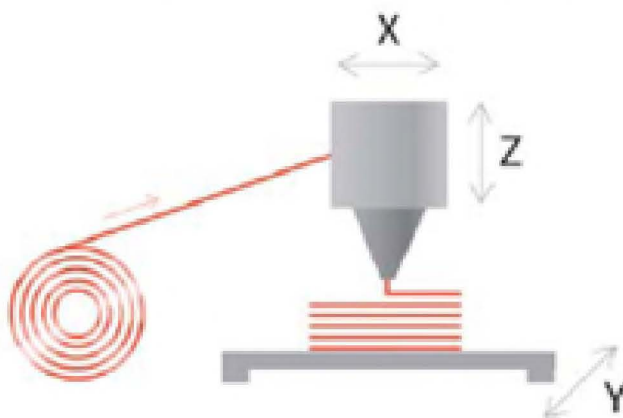


Рис. 1. Упрощенная структура 3D- принтера использующего методы послойного наплавления (FDM)

Здесь рассматривается и решается проблема синтеза законов управления ШД 3D- принтера по осуществлению движения рабочих органов 3D- принтера по предписанным пространственным траекториям.

Методика синтеза управляющих законов для ШД 3D- принтера.

В самом начале, прежде чем переходить к методике синтеза законов управления шаговыми двигателями, отметим основные положения о шаговых двигателя (ШД).

Принцип действия шаговых двигателей всех типов состоит в следующем. С помощью электронного коммутатора вырабатываются импульсы напряжения, которые подаются на обмотки управления, расположенные на статоре ШД.

Закон поворота ротора определяется последовательностью, скважностью и частотой управляющих импульсов, а также типом и конструктивными параметрами ШД. ШД характеризуются следующими параметрами: число фаз (обмоток управления и схема их соединения, тип ШД с активным и пассивным

ротором), одиночный шаг ротора (угол поворота ротора при единичном импульсе), номинальное напряжение питания, номинальный вращающий момент и т.д. ШД бывают однофазными и многофазными. Управления ШД обеспечивается электронным блоком управления.

Для синтеза законов управления рассмотрим шаговый двигатель с зубчатым передаточным механизмом на валу двигателя, при помощи которого вращательное движение ротора двигателя преобразуется в поступательное движение механизмов 3D- принтера.

Пусть на роторном валу ШД посажено зубчатое колесо (шестерня) с радиусом R и угловым расстоянием между двумя зубьями $\Delta\alpha$ градусов, т.е. угол поворота ротора ШД при действии единичного импульса составляет $\Delta\alpha$ градусов.

В дальнейшем требуется представить $\Delta\alpha$ в радианах. Чтобы перевести угол $\Delta\alpha$ из градусов в радианы, составим пропорцию.

$$\left\{ \begin{array}{l} 180^\circ \rightarrow \pi = 3.14[rad] \\ \Delta\alpha[grad] \rightarrow \Delta\alpha[rad] \end{array} \right\} \quad (1)$$

Отсюда

$$\Delta\alpha[rad] = \frac{3,14[rad] \cdot \Delta\alpha[grad]}{180[grad]} \quad (2)$$

Например, пусть $\Delta\alpha = 10^\circ[grad]$, то по формуле (2) $\Delta\alpha[rad] = \frac{3,14 \cdot 10}{180} = 0,1744[rad]$

При действии единичного импульса на ШД с посаженным на валу его ротора шестерней с радиусом R , одиночный угловой шаг ротора преобразуется в поступательное движение шестерни на расстояние

$$l_{ш} = \Delta\alpha \cdot R \quad (3)$$

где $\Delta\alpha$ выражена в радианах. В формуле (3) $l_{ш}$ - величина линейного шага шестерни при действии одного импульса на ШД. Например, для шестерни $R = 0.1[m]$, $\Delta\alpha = 10^\circ$ величина линейного шага равна

$$l_{ш} = \Delta\alpha \cdot R = 0.1744 \cdot 0.1 = 0.01744[m] = 1.744[cm]$$

Так как в ШД осуществляются шаги в дискретные моменты времени, опишем математическую модель ШД, как объект управления через конечно-разностное выражение

$$\varphi_{k+1} = \varphi_k + n_k \cdot \Delta\alpha \quad (4)$$

где, φ_k - текущее угловое положение ротора ШД на t_k - моменте времени;

$\Delta\alpha$ - единичный шаг ротора ШД;

n_k - количество управляющих импульсов, подаваемых на ШД в отрезке времени $[t_{k+1}, t_k]$;

φ_{k+1} -угловое положение ротора ШД к t_{k+1} моменту времени.

Как видим из (4), на к t_{k+1} моменте времени угловое положение φ_{k+1} исключительно зависит от количества управляющих импульсов, подаваемых на ШД.

Формула (4) используется в случаях, когда требуемые перемещения рабочих органов 3D- принтера описаны в угловых координатах. Однако в большинстве случаев требуемые перемещения рабочих органов описываются в линейных координатах.

В этих случаях, аналогично (4), предлагается следующая математическая модель управления движениями рабочих органов 3D- принтера.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{k+1} = X_k + n_{kx} \cdot l_{ux} \\ Y_{k+1} = Y_k + n_{ky} \cdot l_{uy} \\ Z_{k+1} = Z_k + n_{kz} \cdot l_{uz} \end{array} \right. \quad (5)$$

где X_k, Y_k, Z_k - текущие координаты рабочих органов принтера по осям X, Y, Z в k -ый момент времени; $X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}$ - координаты рабочих органов по осям X, Y, Z в $(k+1)$ момент времени; n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} - количество импульсов, подаваемых на ШД приводов, установленных по осям X, Y, Z ; l_{ux}, l_{uy}, l_{uz} - величины линейных шагов по осям X, Y, Z от действия одиночных импульсов на соответствующие ШД.

Задача управления ШД сводится к нахождению количества управляющих импульсов n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} из формул (5) и подаче их на соответствующие ШД на отрезке времени $[t_k, t_{k+1}]$. При этом значения $X_{k+1}, Y_{k+1}, Z_{k+1}$ берутся из таблицы предписанных контрольных требуемых точек пространственной траектории движения рабочих органов 3D- принтера.

Предписанная пространственная траектория движения рабочих органов 3D- принтера строится следующим образом.

Пусть пространственная требуемая модель представлена на следующем рисунке 1.

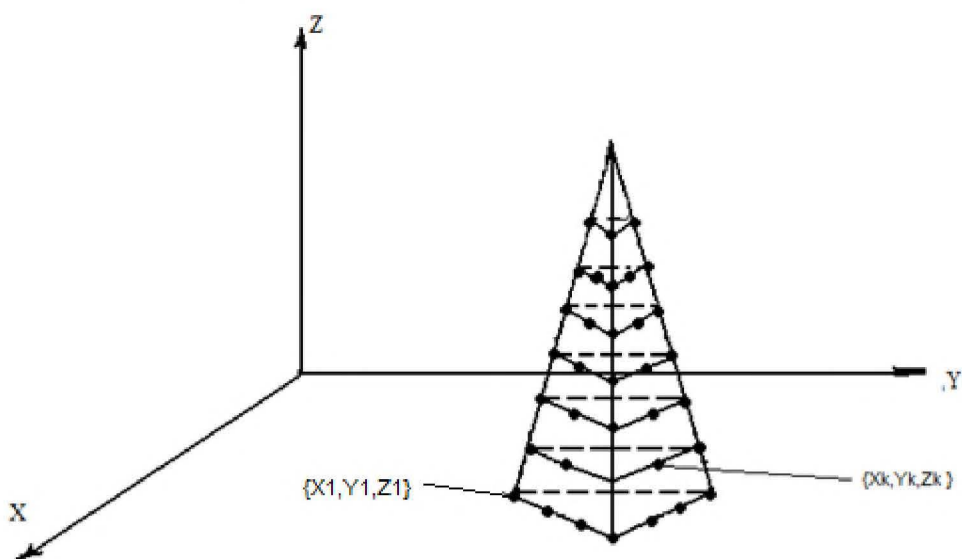


Рис.1 Пространственная модель детали с нанесенными на нем контрольными точками.

По требуемой пространственной модели с нанесенными на нем контрольными точками строим таблицу предписанной траектории движения рабочих органов 3D- принтера.

Таблица 1. Таблица предписанных движений

t_s	t_1	t_2	...	t_k	t_{k+1}	...	t_L	t_{L+1}
x_s	x_1	x_2	...	x_k	x_{k+1}	...	x_L	x_{L+1}
y_s	y_1	y_2	...	y_k	y_{k+1}	...	y_L	y_{L+1}
z_s	z_1	z_2	...	z_k	z_{k+1}	...	z_L	z_{L+1}

Сделаем следующее замечание: подсчет количества необходимых импульсов по формулам (5) может привести к тому, что количество импульсов

$$n_k = \frac{X_{k+1} - X_k}{l_{ux}} \quad (6)$$

выражается не целым числом. В этом случае берется ближайшее целое число. При этом максимальная

погрешность позиционирования ШД составляет

$$\varepsilon_{\max} = 0.5 \cdot l_{ш} \quad (7)$$

Отсюда, чтобы уменьшить погрешность позиционирования ШД, нужно уменьшить $l_{ш}$, для этого надо уменьшить величину единичного шага $\Delta\alpha$, которая достигается путем выбора ШД с необходимым количеством полюсов (в том числе эквивалентных полюсов). Необходимая скорость движения ШД осуществляется путем уменьшения или увеличения величины отрезка времени $[t_k, t_{k+1}]$, при этом уменьшение данного отрезка увеличивает скорость движения ШД.

Техническая реализация системы управления шаговыми двигателями прототипа 3D- принтера.

Приведем результаты разработанного нами макета устройства, которая является прототипом 3D-принтера.

Для управления шаговыми двигателями используется компьютер, куда предварительно записывается о всех необходимых параметрах шаговых приводов, а также заносится таблица предписанных движениях рабочих органов 3D- принтера. В компьютере, на основе уравнений системы (5), осуществляется подсчет необходимого количества управляющих импульсов, подаваемых на обмотки ШД в отрезки времени $[t_k, t_{k+1}]$.

Структурно – функциональная схема системы управления шаговыми двигателями показана на рисунке 2 и состоит из: порта LPT; шин данных и управления; контроллера; трех электронных драйверов и самих шаговых двигателей.

Система работает следующим образом: от компьютера по интерфейсу LPT приходят сигналы по первым четырем шинам данных для управления обмотками двигателя и следующим трем шинам управляющие сигналы выбора двигателя. Эти сигналы идут на контроллер в котором происходит выбор двигателя, работающего в данный момент времени, путем подачи сигнала выборки на соответствующий канал шагового двигателя. Затем импульсы управления обмотками подаются в электронный драйвер, где они усиливаются по току и напряжению. В конечном итоге эти преобразованные импульсы передаются на обмотки шаговых двигателей, где происходит непосредственно управление режимами двигателей.

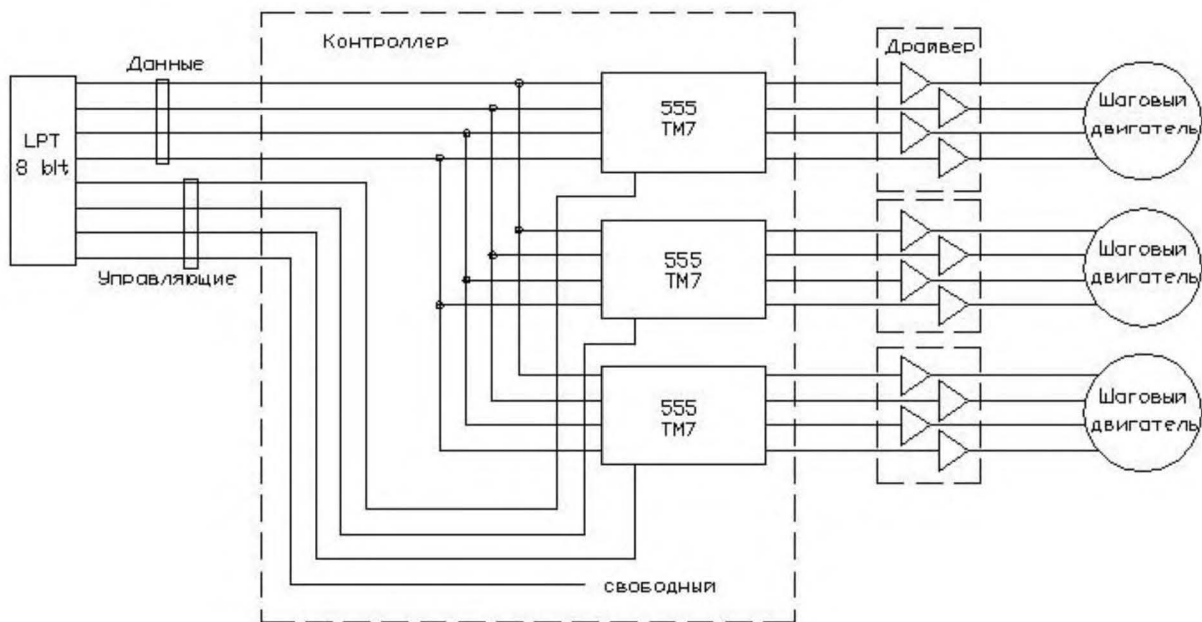


Рис. 2. Структурно – функциональная схема системы управления ШД.

Электрическая схема контроллера показана на рисунке 3. Контроллер управления шаговыми двигателями собран на трех микросхемах серии 555TM7 и не требует прошивки. А работает схема следующим образом. В этой микросхеме находятся четыре D – триггера с режимом защелки. При приходе управляющих сигналов на вход D1- D4 они записываются в триггерах, но передаются на выходе микросхемы Q1- Q4 только при приходе импульса на входы защелки EI12 и EI34.

Таким образом можно управлять выбором драйвера, который должен включиться в данный момент времени.

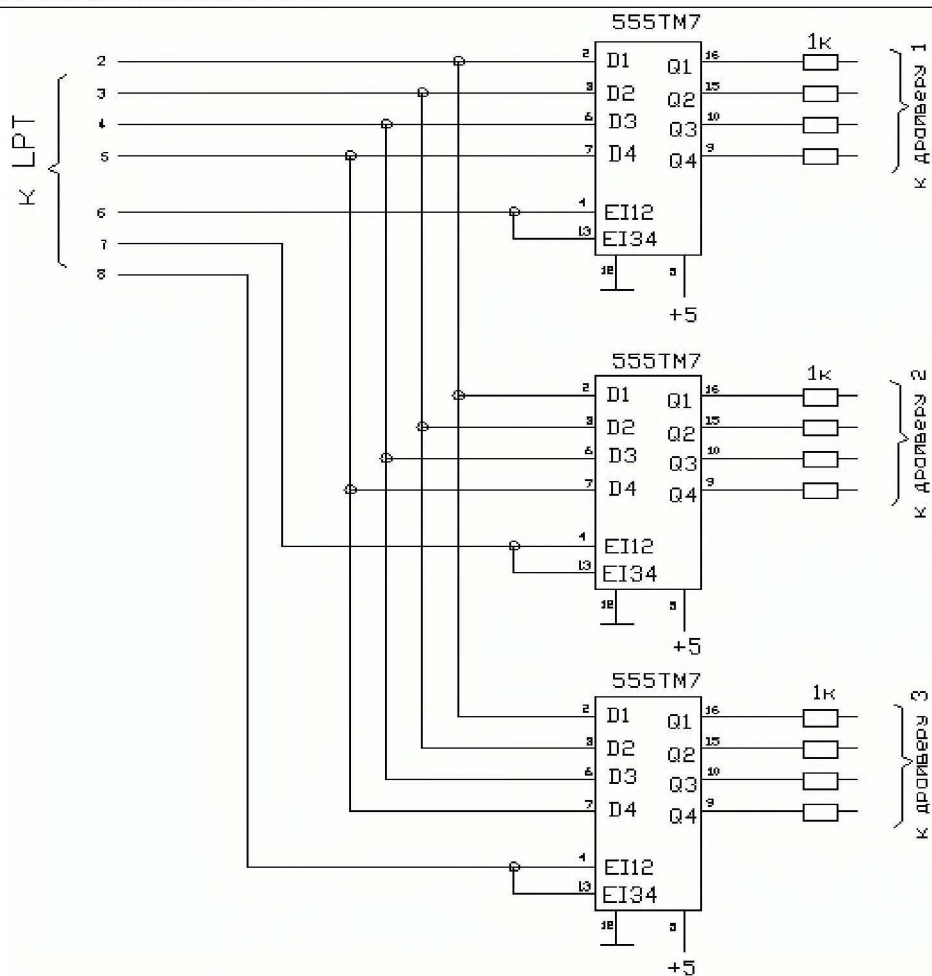


Рис. 3. Электрическая схема контроллера.

Драйвер шагового двигателя (не путать с компьютерными драйверами) представляет собой четырехканальный усилитель или четыре ключа (рис. 4). Собран на четырех транзисторах КТ 972 и стольких же диодах. При поступлении положительного импульса на базу транзистора происходит его открывание, при этом коллектор садится на общий, тем самым подключает обмотку двигателя. Диоды необходимы для гашения ЭДС самоиндукции, возникающих в обмотках, а параллельный фильтр, состоящий из резистора и конденсатора, служит для отсекаания высокочастотных составляющих. Схема питается от источника постоянного тока напряжением 12 вольт.

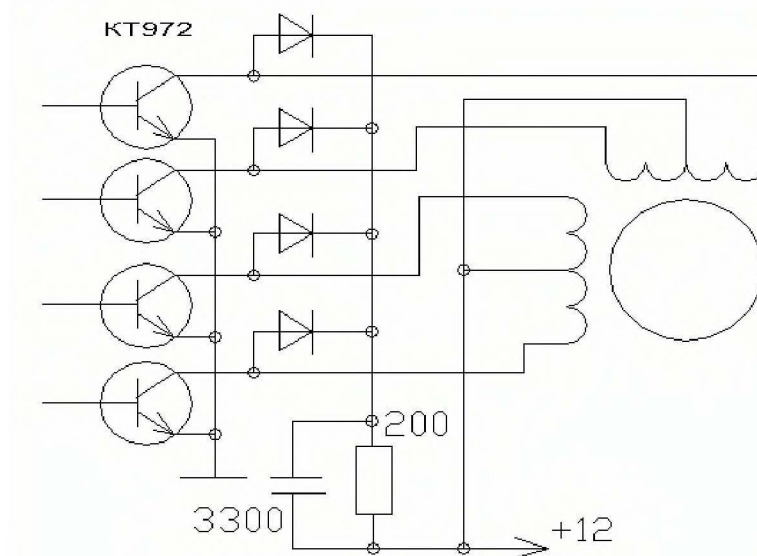


Рис. 4. Электрическая схема драйвера.

В качестве языка программирования был выбран язык программирования Delphi, так как он обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с другими языками программирования.

На рис. 5 и 6 показаны части разработанного макета.

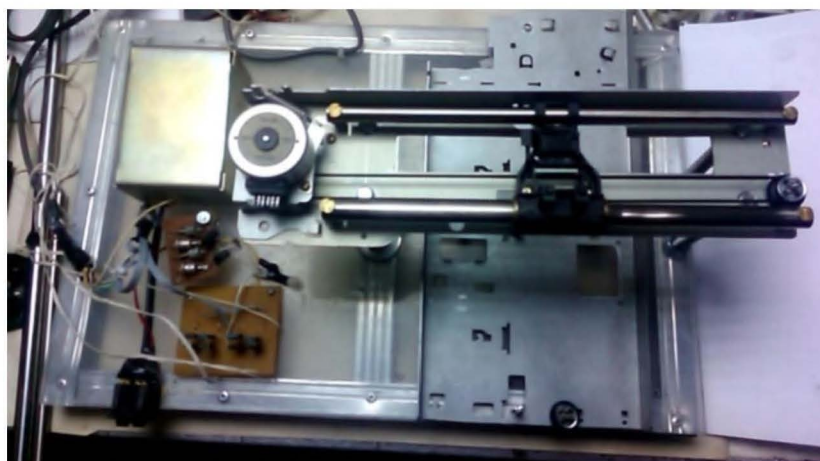


Рис.5. Вид верхней части макета

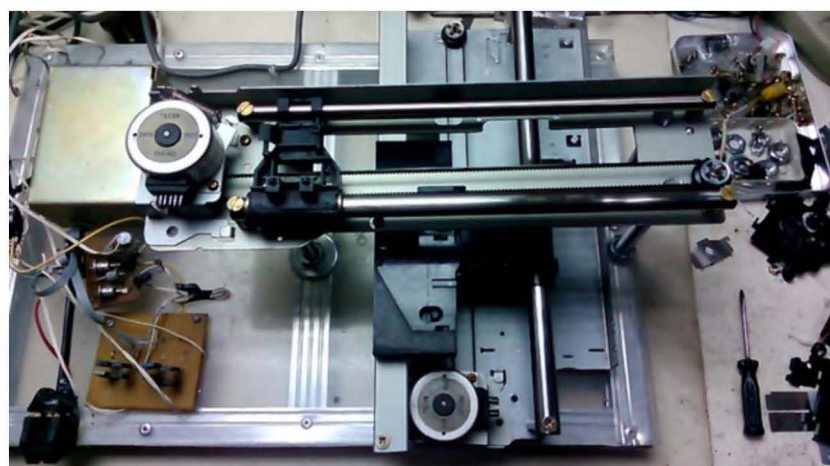


Рис.6. Вид нижней части макета

Приведенные эксперименты показали хорошую работоспособность макета.

Список литературы

1. Шаговые электродвигатели/Под ред. Карпенко Б.К. –М.: Наука,1990.
2. Jacobs, P.F., / Rapid Prototyping and Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography, Society of Manufacturing Engineers, July, 1992.
3. Скородумов С.В., Кулагин В.В., Дудин Е.Б. и др. Разработка опытной технологии лазерной стереолитографии, / Технический отчет. М., НИИТ автопром, 1995.-68 с.
4. E. Canessa, C. Fonda, M. Zennaro / Доступная 3Д - печать для науки, образования и устойчивого развития / (Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development), 2013 .
5. В. Большаков, А Бочков и.др. Основы 3D- моделирования./ Санкт- Петербург, 2012г.
6. Aaron Council, Michael Petch, / 3D Printing: Rise of the Third Industrial Revolution/ (3D - печать: Рассвет третьей промышленной революции"), 2014.
7. Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова. Синтез законов управления для осуществления движения объекта по предписанной программе. ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ: управление и высокие технологии. Издательский дом «Астраханский университет», НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ISSN 2074-1707 . №1 (29) 2015, стр. 143-155.

References

1. Karpenko B./ Stepper motors [Shagovye elektrodvigateli], M: Nauka, 1990.
2. Jacobs, P.F., / Rapid Prototyping and Manufacturing:Fundamentals of Stereolithography, Society of Manufacturing Engineers, July, 1992.

3. Skorodumov S.B., Kulagin B.B., Dudin E.B. et.c. / Razrabotka opytnoi tehnologii lazernoj stereolitografiya [The development of experimental technologies laser stereolithography], Technicheskiy otchet. M: NIIT avtoprom, 1995

4. E. Canessa, C. Fonda, M. Zennaro / Доступная 3Д печать для науки, образования и устойчивого развития / [Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development], 2013 .

5. Bolshakov B, Bochkov A. / Osnovy 3D – modelirovaniya [Basics 3D- modeling] / Sank-Peterburg 2012.

6. Aaron Council, Michael Petch, / 3D Printing: Rise of the Third Industrial Revolution/ (3D Печать: Рассвет третьей промышленной революции"), 2014.

7. Zh.I. Batyrkanov, K.K. Kadyrkulova, / Synthesis of control laws for the implementation of the object movement in line with the prescribed program. CASPIAN JOURNAL: Management and High Technologies. A SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL, № 1(29), 2015.

УДК.: 681.518.5: 65.011.14:005.521

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Насырымбекова Паризат Курманбековна, соискатель КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-73. E-mail: parisat@mail.ru

Батырканов Жениш Исакунович, профессор, д.т.н., проректор по научной работе и внешним связям КГТУ им. И. Раззакова Кыргызской Республики (+996) 54-51-31. E-mail: bjenish@mail.ru

THE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM THE ENTERPRISE ON THE BASIS OF FORECASTING

Nasyrymbekova Parizat Kurmanbekovna, the competitor of KGTU of I. Razzakov of the Kyrgyz Republic (+996) 54-51-73. E-mail: parisat@mail.ru

Batyrkanov Zhenish Isakunovich, professor, the Dr.Sci.Tech., the vice rector for scientific work and external svyaza of KGTU of I. Razzakov of the Kyrgyz Republic (+996) 54-51-31. E-mail: bjenish@mail.ru

В статье рассмотрен метод управления на основе прогнозирования финансово - экономической деятельности предприятия. В настоящее время основной частью современных информационных технологий являются математическое моделирование и вычислительный эксперимент с использованием компьютеров. Рассматриваемые объекты в большинстве случаев являются многомерными со многими входными и выходными параметрами. Каждая конкретная модель объекта должна являться таким отображением физического объекта, в котором выделены главные доминирующие свойства, соответствующие цели поставленной задачи. Достижение осознанных, а затем сформулированных целей предполагает наличие инструментальных средств, которые позволяют в какой – то мере сократить неизбежно возникающие затраты, ограничиваемые ресурсами. Спрос на такого рода средства породил определенное научное направление, главной заботой которого стали распространение и использование знаний специалистов, обладающих высочайшей квалификацией. Потребность такого рода средств вызвано жизнью в рамках искусственного интеллекта множества информационных технологий, призванных помочь в деле управления обществом, производством, торговлей, кредитной и финансовой сферами.

Ключевые слова: управление, предприятие, план, учет, анализ, регулирование, поддержки принятия решений, лицо, принимающее решение, прогнозирование, экономические показатели.

In article it is considered a method of management on the basis of forecasting of financially economic activity of the enterprise. Now the main part of modern information technologies are mathematical modeling and computing experiment with use of computers. The considered objects in most cases are multidimensional with many input and output parameters. Each concrete model of object has to be such display of physical object in which the main dominating properties answering the objective purpose are marked out. Achievement of the conscious, and then formulated purposes assumes existence of tools which allow to reduce inevitably arising expenses limited by resources in some measure. Demand for such means generated a certain scientific direction which main care was distribution and use knowledge of the experts possessing the highest qualification. Requirement of such means the set of the information technologies urged to help with business of management of society, production, trade, credit and financial spheres caused lives within artificial intelligence.

Keywords: management, the enterprise, the plan, the account, the analysis, regulation, decision-making supports, the person making the decision, forecasting, economic indicators.

Наиболее популярными названиями этих технологий являются: экспертные системы, советующие