

УДК 621.988:62-5

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИЗАЙНА 3D ПРИНТЕРА

Кульжанова Айнаш Каныевна

магистрант, Казахский университет технологии и бизнеса имени
К. Кулажанова, г.Астана, Казахстан

Научный руководитель: Омарова Гульмира Сеилхановна, доктор PhD

Работа посвящена научно-техническому обоснованию дизайна 3d принтера на основе анализа информационно-технической системы 3d принтера. Разработана информационно-техническая система 3d принтера, на основе которой проведена оптимизация параметров и обоснован концептуальный дизайн 3d принтера, сочетающий в себе функциональность и эффективность конструкции. Представлен структурный дизайн 3d принтера, в котором все электронные части вынесены за пределы камеры печати. Это позволило поддерживать высокую и стабильную температуру печати в камере близкой к точке плавления, что позволило применить инженерные пластики.

Ключевые слова: трехмерный объект, аддитивные технологии, 3Д печать, послойный синтез трехмерных объектов, метод FDM.

Введение

Развитие электроники, цифровой и компьютерной техники, приводов и систем цифрового управления позволили появиться новому классу устройств – аддитивные установки, позволяющие создать сложную трехмерную деталь методом послойного синтеза из различных материалов [1].

На рынке в свободной продаже доступны различные модели бытовых и промышленных аддитивных установок, позволяющие создавать детали из различных пластиков, композитных материалов и металлов. Отсутствие отечественных производителей аддитивных установок влияет на стоимость, которая до сих пор является завышенной.

Несмотря на то, что информация о конструкции, механике, программном обеспечении находится в свободном доступе, очень сложно организовать отечественное производство промышленных 3d принтеров, так как в отличие от бытовых учебных аддитивных установок, данный класс-промышленный, отличается повышенными техническими требованиями к деталям изготавливаемыми аддитивными установками [2].

Формулировка проблемы

Сложность выбора дизайна заключается в зависимости параметров печати от конструктивных особенностей, а именно для качественной печати необходимо наличие камеры, которая поддерживает высокую и стабильную температуру печати[3]. Чем ближе температура воздуха в камере к точке плавления, тем меньше искажений возникает в результате усадки материала печати. Таким образом один из параметров дизайна 3д принтера является наличие высокотемпературной камеры.

Особенность механических и электрических компонентов, применяемых для изготовления 3д принтер заключается в том, что они оптимизированы для работы с температурном диапазоне от 10 до 85 градусов. При проектировке 3д принтера для печати инженерными пластиками, например нейлоном или РЕЕК, следует учесть техническую особенность [4]. При высоких температурах у мотора поднимается сопротивление обмотки и происходит частичная потеря мощности магнитного поля, поэтому возникают пропуски шагов, которые могут привести к смещениям или к другим ошибкам печати [5].

На основании вышенаписанного можно утверждать, что тема исследования является актуальной и требует проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по научно-техническому обоснованию и разработке дизайна 3D принтера на основе анализа информационно-технической системы.

Объект исследования: Техническая система 3д принтера.

Предмет исследования: параметры дизайна 3д принтера на основе анализа информационно технической системы.

Целью исследования, является совершенствование технологии изготовления 3д принтеров на основе научно-обоснованного дизайна.

На основе сформулированной цели исследования были выполнены следующие задачи магистерской диссертации:

- Провести аналитический обзор существующих методов и технологий в области оптимизации параметров дизайна 3д принтера.
- Разработать информационно -техническую систему параметров дизайна 3д принтера.

В результате проведения исследования разработан дизайн 3д принтера, в котором компоненты подверженный влиянию температуры вынесены за пределы камеры (рисунок 123)

Аддитивная установка технически представляет собой систему позиционирования экструдера в пространстве, который выдавливает определенное количество расплавленного пластика в выбранной точке пространства, создавая сложный объект на основе трехмерной модели.

Трёхмерный принтер состоит из программной и аппаратной части. Аппаратная часть является системой позиционирования, управляемая цифровой системой – контроллером (рисунок 1).

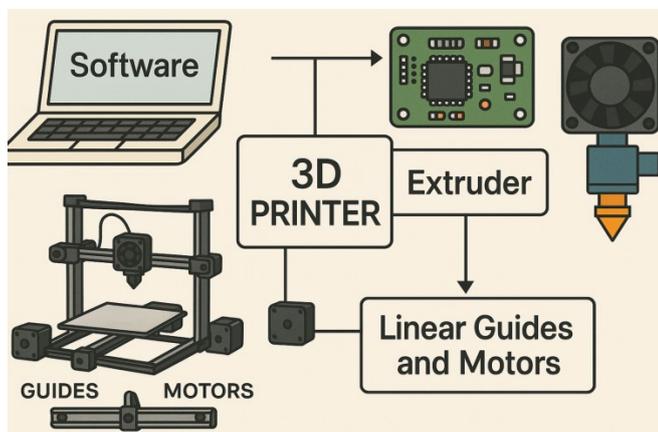


Рисунок 1 – Структурная схема аддитивной установки

Разработка Информационно-технической системы 3D-принтера

Информационно-техническая система 3D-принтера представляет собой совокупность аппаратных и программных компонентов, обеспечивающих управление процессом печати, обработку данных и взаимодействие между элементами принтера (рисунок 2).

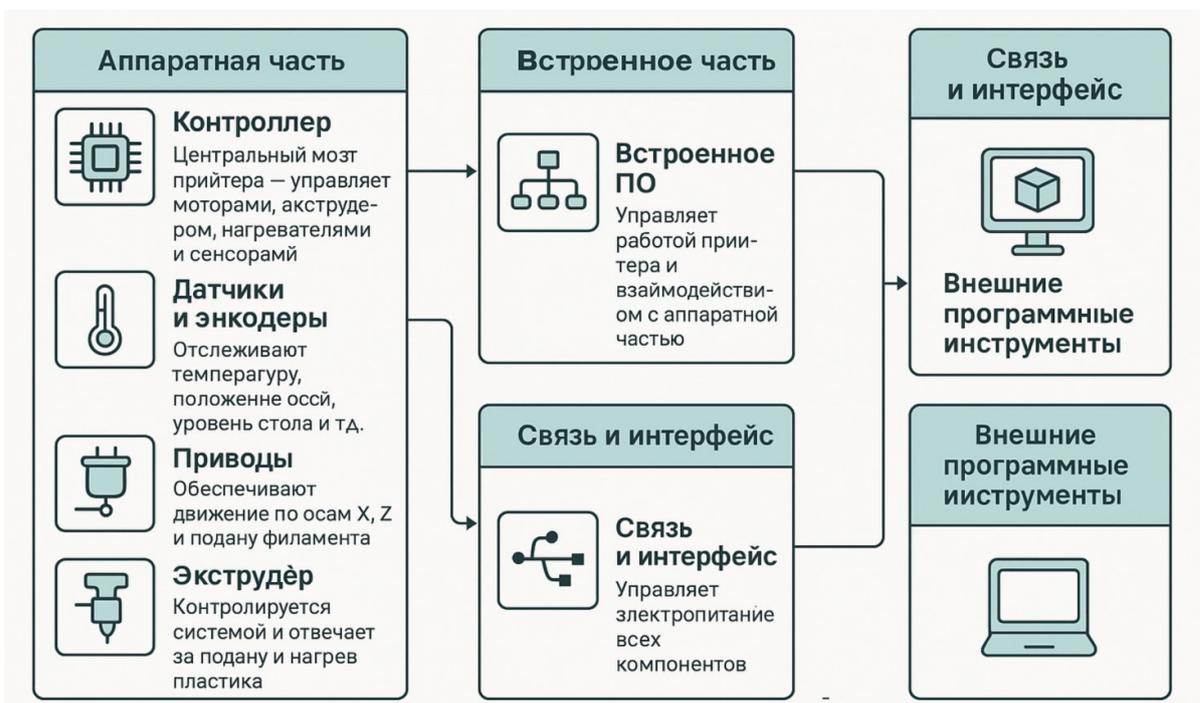


Рисунок 2 – Компоненты информационно-технической системы

Аппаратная часть: Контроллер (плата управления), который управляет моторами, экструдером, нагревателями и сенсорами. Датчики и энкодеры, которые отслеживают температуру, положение осей, уровень стола. Приводы (шаговые моторы), обеспечивающие движение по осям X, Y, Z и подачу филамента. Экструдер, который контролируется системой и отвечает за подачу и нагрев пластика. Блок питания и коммутация обеспечивающий электропитание всех компонентов.

В результате исследования разработан дизайн 3д принтера, у которого все моторы вынесены за пределы камеры печати (рисунок 3).

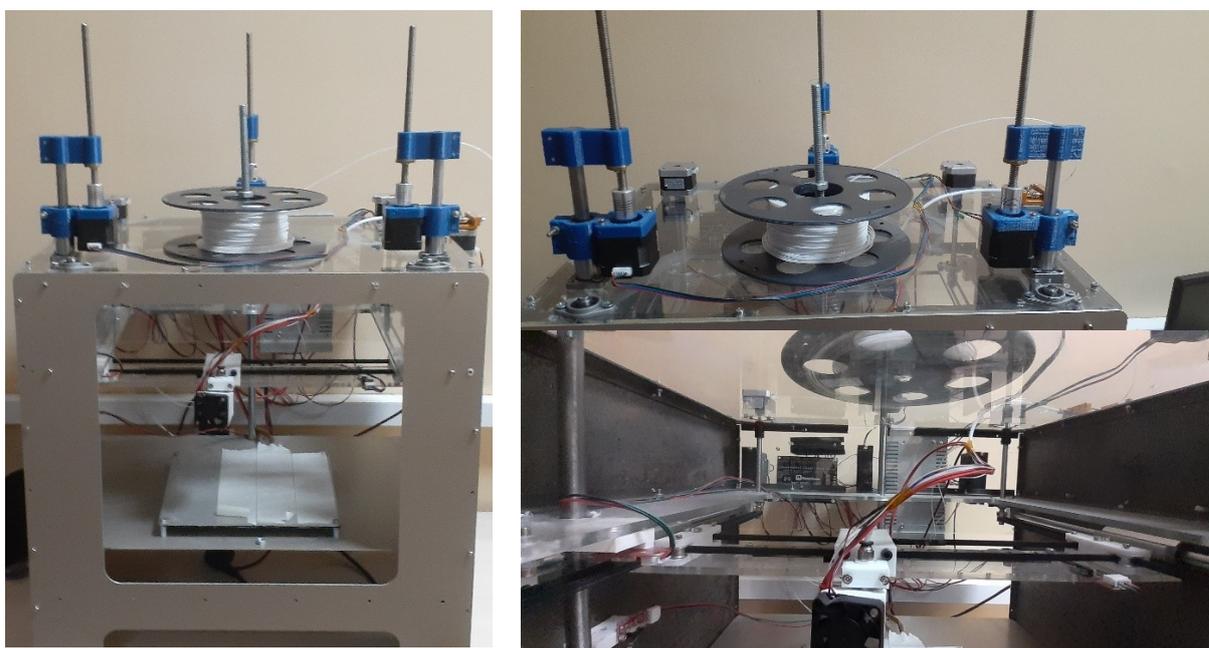


Рисунок 3 – Фотографии 3д принтера разработанного на основе нового дизайна

В представленном дизайне платформа для печати перемещается при помощи трех направляющих, которые перемещаются винтовой передачей с шаговым мотором.

Для расположения моторов перемещения экструдера выбрана кинематическая схема H-bot, так как она позволяет при помощи валов передать кинематическое перемещение экструдера.

В представленном дизайне 3D-принтера платформа для печати, также известная как рабочий стол, осуществляет перемещение по вертикальной оси Z. Это перемещение реализуется посредством трёх линейных направляющих, равномерно распределённых по периметру платформы, что позволяет достичь высокой стабильности и жёсткости всей конструкции. Направляющие служат опорой и направлением движения, предотвращая люфт и отклонения от заданной траектории. К каждой направляющей прикреплена винтовая передача,

которая преобразует вращательное движение в поступательное. Эти винтовые пары приводятся в движение шаговыми электродвигателями с высоким разрешением, что обеспечивает тонкую настройку каждого микрошагового перемещения. Такое решение позволяет добиться высокой точности позиционирования платформы при построении каждого слоя модели, что особенно критично для изделий с мелкими деталями и высокой степенью детализации. Одновременное использование трёх точек опоры также предотвращает перекосы платформы при движении, увеличивая точность и повторяемость печати.

Для организации перемещения экструдера по горизонтальной плоскости, охватывающей оси X и Y , в конструкции применена кинематическая схема *H-bot*, которая зарекомендовала себя как эффективное решение для систем с высокой динамикой [6]. В данной конфигурации используется система натяжных ремней, перекрещивающихся на плоскости движения, и два шаговых двигателя, установленных стационарно на корпусе принтера. Особенность *H-bot* заключается в том, что оба мотора участвуют в движении экструдера по обеим осям одновременно, а движение обеспечивается через жёстко закреплённые валы и замкнутые ремни, формирующие букву «Н» в плане. Это позволяет уменьшить массу подвижных частей, поскольку сами двигатели остаются неподвижными, что в свою очередь снижает инерцию и увеличивает максимальные скорости перемещения. Кроме того, *H-bot* обладает относительно простой механикой, не требующей сложных натяжных механизмов или дополнительных направляющих, как в более продвинутых системах, например, *CoreXY*. Такая кинематика обеспечивает высокую точность позиционирования, стабильную работу на больших скоростях и минимальные отклонения при печати. Всё это делает *H-bot* оптимальным выбором для компактных и одновременно высокопроизводительных 3D-принтеров.

Заключение

В ходе выполненного исследования была рассмотрена проблема проектирования промышленного 3D-принтера, способного работать с инженерными высокотемпературными материалами, такими как нейлон и РЕЕК. На основе анализа существующих решений и технологических требований была подтверждена актуальность темы, обусловленная высокой стоимостью импортных аддитивных установок, отсутствием отечественных производителей, а также необходимостью адаптации электронных и механических компонентов к условиям повышенной температуры внутри камеры печати.

В процессе работы были выявлены ключевые конструктивные требования, обеспечивающие надёжную и качественную работу 3D-принтера в промышленных условиях. Одним из принципиально важных решений стало

размещение чувствительных компонентов – в частности, шаговых моторов – за пределами рабочей камеры, что позволило исключить потерю крутящего момента из-за перегрева и повысить надёжность работы системы. Также была предложена кинематическая схема перемещения экструдера H-bot, обеспечивающая высокую точность, жёсткость конструкции и эффективность позиционирования без утяжеления подвижных частей, что особенно важно при работе на высоких скоростях.

Была разработана информационно-техническая система, включающая программное и аппаратное обеспечение, обеспечивающее синхронную работу всех компонентов установки: контроллер, шаговые приводы, датчики, экструдер и интерфейс пользователя. В аппаратной части были применены решения, способствующие минимизации люфтов и тепловых искажений, включая винтовые передачи на трёх направляющих по оси Z и равномерное распределение нагрузки на платформу.

В результате выполнения поставленных задач был создан и проанализирован конструктивный дизайн аддитивной установки, в котором реализованы принципы тепловой устойчивости, высокой точности и производительности. Разработка опиралась на комплексный анализ информационно-технической системы и современных подходов к оптимизации механики. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития отечественного производства промышленных 3D-принтеров, а также при разработке специализированных установок для печати инженерными материалами в условиях повышенной температуры.

Таким образом, цели и задачи магистерской диссертации выполнены, а разработанный прототип 3D-принтера подтверждает возможность создания конкурентоспособной конструкции с использованием отечественной элементной базы и современных подходов в механическом и системном проектировании.

Список использованной литературы

1. Канищев М. В., Ульев Л. М. Введение в аддитивные технологии [Электронный ресурс] // TPU. – URL: <https://biomed.tpu.ru/upload/constructor/70f/hbl4ev4vxtxds2tyx0y9pdi32lb9zi87.pdf> (дата обращения: 12.05.2025).

2. Лазуренко Д. В., Огнева Т. С. Технологии аддитивного производства [Электронный ресурс] // Znanium. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1162699> (дата обращения: 12.05.2025).

3. Kajogbola R. Ajao, Segun E. Ibitoye, Adedire D. Adesiji, Esther T. Akinlabi. Design and Construction of a Low-Cost-High-Accessibility 3D Printing Machine for Producing Plastic Components. Journal of Composites Science, 2022, 6(9), 265

4. The Crucial Role of Chamber Temperature in 3D Printing High-Performance Materials [Электронный ресурс] // 3Dlabs.io. – URL: <https://www.3dlabs.io/blog/the-crucial-role-of-chamber-temperature-in-printing-high-performance-materials/> (дата обращения: 12.05.2025).

5. How Hot is Too Hot? Understanding Stepper Motor Heat Limits [Электронный ресурс] // Orbiterprojects.com. – URL: <https://www.orbiterprojects.com/how-hot-is-too-hot/> (дата обращения: 12.05.2025).

6. 3D Printer Kinematics Explained: Cartesian, CoreXY, H-Bot and More [Электронный ресурс] // Top3DShop.com. – URL: <https://top3dshop.com/blog/3d-printer-kinematics-explained> (дата обращения: 12.05.2025).

3D ПРИНТЕР ДИЗАЙНЫНЫҢ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ

Құлжанова Айнаш Қаныйқызы

Ғылыми жетекші: Омарова Гүльмира Сеилхановна

Бұл жұмыс 3D принтердің ақпараттық-техникалық жүйесін талдау негізінде оның дизайнына ғылыми-техникалық негіздеме беруге арналған. Зерттеу барысында 3D принтердің ақпараттық-техникалық жүйесі әзірленіп, соның негізінде параметрлерді оңтайландыру жүргізілді және функционалдылық пен құрылымдық тиімділікті біріктіретін тұжырымдамалық дизайн ұсынылды. Ұсынылған құрылымдық дизайнда барлық электрондық компоненттер басып шығару камерасынан тыс орналасқан. Бұл камера ішінде балқу температурасына жақын жоғары әрі тұрақты температураны ұстап тұруға мүмкіндік берді және нәтижесінде инженерлік пластиктерді қолдануға жол ашты.

Кілт сөздері: үш өлшемді нысан, аддитивті технологиялар, 3D басып шығару, үш өлшемді нысандардың қабат-қабат синтезі, FDM әдісі.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JUSTIFICATION OF 3D PRINTER DESIGN

Kulzhanova Aynash Kanyevna

Supervisor: Omarova G.S.

This work is dedicated to the scientific and technical justification of the 3D printer design based on the analysis of the information-technical system of the 3D

printer. An information-technical system was developed, which served as the basis for the optimization of parameters and the conceptual design of the 3D printer, combining functionality and structural efficiency. A structural design of the 3D printer is presented, in which all electronic components are placed outside the print chamber. This made it possible to maintain a high and stable printing temperature inside the chamber, close to the melting point, which enabled the use of engineering-grade plastics.

Keywords: three-dimensional object, additive technologies, 3D printing, layer-by-layer synthesis of 3D objects, FDM method.

REFERENCES

1. Kanishchev M.V., Ulyev L.M. Introduction to Additive Technologies [Electronic resource] // TPU. – URL: <https://biomed.tpu.ru/upload/constructor/70f/hbl4ev4vxtxds2tyx0y9pdi32lb9zi87.pdf> (accessed: 12.05.2025).
2. Lazurenko D.V., Ogneva T.S. Additive Manufacturing Technologies [Electronic resource] // Znanium. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1162699> (accessed: 12.05.2025).
3. Kajogbola R. Ajao, Segun E. Ibitoye, Adedire D. Adesiji, Esther T. Akinlabi. Design and Construction of a Low-Cost-High-Accessibility 3D Printing Machine for Producing Plastic Components. *Journal of Composites Science*, 2022, 6(9), 265.
4. The Crucial Role of Chamber Temperature in 3D Printing High-Performance Materials [Electronic resource] // 3Dlabs.io. – URL: <https://www.3dlabs.io/blog/the-crucial-role-of-chamber-temperature-in-printing-high-performance-materials/> (accessed: 12.05.2025).
5. How Hot is Too Hot? Understanding Stepper Motor Heat Limits [Electronic resource] // Orbiterprojects.com. – URL: <https://www.orbiterprojects.com/how-hot-is-too-hot/> (accessed: 12.05.2025).
6. 3D Printer Kinematics Explained: Cartesian, CoreXY, H-Bot and More [Electronic resource] // Top3DShop.com. – URL: <https://top3dshop.com/blog/3d-printer-kinematics-explained> (accessed: 12.05.2025).