

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Тимчик Г.С.

«__» _____ 2019 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
з напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування»
на тему: «Дільниця цеху складання 3-D принтера»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ПБ-51

Мастенко Ігор Володимирович _____

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук

Стельмах Н.В.

Консультант з назва розділу:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ініціали _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ініціали _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.051003
«Приладобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тимчик Г.С.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студента

Мастенка Ігоря Володимировича

1. Тема проекту «Дільниця цеху складання 3D - принтера», керівник проекту Стельмах Наталія Володимирівна, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. №1384-с.
2. Термін подання студентом проекту 10 травня 2019р.
3. Вихідні дані до проекту: креслення розподільчого щита потоку повітря та програма випуску – 2000 шт.
4. Зміст пояснювальної записки:

У технологічній частині дипломного проекту приведено опис роботи та складання 3д принтера, розглянуто його основні фізичні та експлуатаційні характеристики. Було виконано оцінку рівня технологічності приладу та представлено технологічний процес складання у вигляді технологічної схеми складання і структурної схеми складання. Технологічний процес складання був змодельований в автоматизованому режимі засобами САПР «АДЕМ». Також було визначено тип виробництва, що дозволили виконати оптимальне проектування

цеху складання. Було виконано розрахунки направляючих X, Y, Z осей та визначено дозволени допуски їх встановлення.

У конструкторській частині проекту описано та розрахована виконанні пристосування для позиціонування робочого столу, системи контролю 3д друку, та термобоксу для філаменту. Була також спроектована дільниця цеху складання 3д принтеру, приведені основні розрахунки для проектування.

5. Перелік графічного матеріалу:

- 3Д принтер ДПБР.ПБ51.15.1702.001
- Технологічний процес складання 3Д принтера ДПБР.ПБ51.15.1702.002
- ССС 3Д принтера ДПБР.ПБ51.15.1702.003
- ТСС 3Д принтера ДПБР.ПБ51.15.1702.004
- Система контролю функціонування ДПБР.ПБ5115.1702.005
- Контроль позиціонування робочого столу ДПБР.ПБ5115.1702.006
- Термобокс для філаменту ДПБР.ПБ5115.1702.007
- Деталювання ДПБР.ПБ5115.1702.008
- Ділянка цеху складання 3Д принтера ДПБР.ПБ5115.1702.009

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналітичний огляд	21.05.2019	
2	Технологічна частина	22.05.2019	
3	Креслення 1 частини	23.05.2019	
4	Конструкторська частина	24.05.2019	
5	Креслення 2 частини	26.05.2019	
6	Деталювання	28.05.2019	
7	Технологічні карти	30.05.2019	
8	Оформлення ДП	03.06.2019	

Студент

Мастенко І.В.

Керівник проекту

Стельмах Н.В.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A1		Завдання на дипломний проект	1		
2	A4	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 01 ПЗ	Пояснювальна записка			
3	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 01СК	3Д принтер	1		
4	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 02	Технологічний процес складання 3Д принтера	1		
5	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 03	ССС 3Д принтера	1		
6	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 04	ТСС 3Д принтера	1		
7	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 05	Система контролю функціонування	1		
8	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 06СК	Контроль позиціонування робочого столу	1		
9	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 07СК	Термобокс для філаменту	1		
10	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 08	Деталювання	1		
11	A1	ДПБР.ПБ51.15.1702.0 09	Ділянка цеху складання 3Д принтера	1		
				ДПБР.ПБ51.15.1702.001		
		ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Мастенко І.В.					
Керівн.	Стельмах Н.В					
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						
				Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
					1	1
				ПБФ, 4 курс		

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Дільниця цеху складання 3-D принтера»

Анотація

В останні роки спостерігаємо бурхливий розвиток найрізноманітніших технологій, які спрощують життєдіяльність людства. Але для того, щоб ідея втілилася в життя, вона повинна пройти складний шлях від розробки документації до готового виробу.

Для розробки нової продукції спочатку створюють моделі виробу. Це допомагає візуалізувати і зрозуміти, що потрібно доопрацювати або взагалі не використовувати. Є багато різних способів, як можна візуалізувати моделі, але ми розглянемо найактуальніший на даний момент – швидке прототипування

Це технологія, на даний момент, прогресивно розвивається. Тому було вирішено за тему дипломного проекту взяти 3д принтер.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки та графічного матеріалу у вигляді креслень. Пояснювальна записка складається з двох частин: технологічної та конструкторської.

У технологічній частині дипломного проекту приведено опис 3д принтера, наведено опис основних матеріалів для 3Д друку, розглянуто його основні фізичні та експлуатаційні характеристики, а також принцип його роботи. Було виконано оцінку рівня технологічності приладу та представлено технологічний процес складання у вигляді структурної та технологічної схеми складання. Технологічний процес складання був згенерований в САПР «АДЕМ». Результати даного моделювання подані у вигляді маршрутної технології наведено у додатках. Також було визначено тип виробництва, що дозволили виконати оптимальне проектування цеху складання.

У конструкторській частині проекту виконано розробку пристосувань для перевірки точності позиціонування 3д принтера за допомогою індуктивного датчику, та контролю натягу та нерозривності нитки витратного матеріалу. Також було спроектовано дільницю цеху складання приладу, приведені основні розрахунки для проектування та обрано необхідну кількість обладнання.

Annotation

In recent years, we are witnessing the rapid development of a variety of technologies that simplify the life of humanity. But in order for the idea to come true, it must go through a difficult path from the development of documentation to the finished product.

To develop new products, first create product models. It helps to visualize and understand what needs to be refined or not used at all. There are many different ways in which you can visualize the model, but we will consider the most current at the moment - rapid prototyping

This technology, at the moment, is progressively developing. Therefore, it was decided to take a 3d printer for a degree project.

The diploma project consists of an explanatory note and graphic material in the form of drawings. Explanatory note consists of two parts: technological and design.

The technological part of the diploma project describes the 3d printer, describes the main materials for 3D printing, describes its main physical and operational characteristics, as well as the principle of its operation. An assessment was made of the level of technological capability of the device and the technological process of assembly in the form of a structural and technological assembly scheme was presented. The technological process of assembly was generated in CAD "ADEM". The results of this simulation are presented in the form of routing operating technology provided in the applications. Also, the type of production was determined, which allowed to execute the optimal design of assembly workshop.

In the design part of the project, the development of gadgets was performed to verify the accuracy of the 3d positioning of the printer with the help of an inductive sensor, and to control the tension and continuity of the thread of the consumable material. The section of the assembly shop was also designed, the main calculations for the design were given and the required amount of equipment was selected.

ЗМІСТ

Вступ	9
Технологічна частина	10
1.1 Опис заданої складальної одиниці	11
1.1.1 Загальне призначення.....	11
1.1.2 Принцип роботи 3Д принтера.	18
1.1.3 Технічні характеристики.....	19
1.2 Проектування структурних схеми	24
1.3 Аналіз виробу на технологічність	25
1.3.1 Основні показники технологічності	26
1.3.2 Додаткові показники технологічності	30
1.3.3 Комплексний показник технологічності	34
1.4 Розрахунок виробничих показників розподільчого щита потоку повітря	35
1.4.1 Тип виробництва.....	35
1.4.2 Річна програма випуску	36
1.5 Проектування технологічної схеми складання	38
1.6 Проектування маршруту складання	39
1.7 Розрахунок нормування складальних робіт.....	43
1.8 Вибір форми складання	44
1.9 Розрахунок параметричної точності.....	47
1.9.1 Розрахунок валів горизонтального переміщення	47
Конструкторська частина	53
2.1 Система контролю функціонування	54
2.1.1 Опис Системи контролю функціонування	54
2.1.3 Опис датчиків та допоміжних приладів	54
2.2 Контрольне пристосування системи позиціонування	56
2.2.1 Опис контрольного пристрою системи позиціонування 3Д принтера.....	56
2.2.2 Принцип роботи контрольного пристосування	58
2.2.3 Опис індуктивного датчика	58
2.3 Термобокс для філаменту	59
2.3.1 Опис термобоксу.....	59
3.2 Принцип роботи контрольного пристосування	60
2.4 Проектування ділянки цеху складання «3Д принтера».....	61
2.4.1 Опис ділянки цеху	61
2.4.2 Площа виробничих приміщень	61

	8
Загальні висновки по проекту.....	63
Список використаних джерел.....	64
Додаток А.....	66
Додаток Б.....	67
Додаток В.....	68
Додаток Г.....	69

Вступ

На сьогоднішній день в приладобудуванні та інших галузях широкого застосування набув 3D-друк. Даний термін охоплює безліч процесів, в яких матеріали з'єднуються або застигають під контролем комп'ютера для створення тривимірного об'єкта, зазвичай шар за шаром.

У 1990-х роках технології 3D друку вважалися придатними тільки для виробництва функціональних або естетичних прототипів, і більш відповідним терміном був швидкий прототип. Сьогодні точність, повторюваність і діапазон матеріалів збільшилися до того, що деякі процеси 3D друку вважаються життєздатними як технологія промислового виробництва, завдяки чому термін адитивне виготовлення може бути використаний як синонім з 3D-друком.

Однією з ключових переваг 3D-друку є можливість створювати дуже складні форми або геометрії, а необхідною умовою для створення будь-якої 3D-друкованої частини є цифрова 3D-модель або файл CAD

В дипломному проекті розглянуто технологію складання 3D-принтера та наведено ділянку цеху його складання. Дана тема є актуальною на сьогодні, оскільки адаптивні технології активно розвиваються, отже необхідно накопичувати виробничий та професійний досвід по його складанню та налаштуванню робочих режимів. В проекті представлено висновки по роботі, що дало змогу в повній мірі оцінити процес складання 3д принтера та розглянути особливості його складання, калібрування та контролю.

Для дипломної роботи обрано 3D-принтер на базі методу екструзії матеріалу, що називається моделюванням плавленого осадження (FDM). Для 3D-друку тривимірний об'єкт будується з моделі автоматизованого проектування (САПР), як правило, шляхом послідовного додавання матеріалу за шаром, на відміну від звичайного процесу обробки, де матеріал видаляється з заготовки.

Технологічна частина

1.1 Опис заданої складальної одиниці

1.1.1 Загальне призначення

3D - принтер – це пристрій, який має на основі метод пошарового створення фізичного об'єкта по цифровій(комп'ютерній) 3D моделі. У літературі даний тип пристроїв також називають фабберами, а процес 3D друку- швидкого прототипування (Rapid Prototyping). 3D друк є різновидом адитивного виробництва.

3D-друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового наплавлення («виращування») твердого об'єкта.

У цьому розділі розглядається всі існуючі на даний момент типи 3D-принтерів. Короткий опис принципу роботи, що використовуються матеріали.

Моделювання методом пошарового наплавлення (англ. Fused deposition modeling (FDM)) - технологія адитивного виробництва, широко використовується при створенні тривимірних моделей, при прототипуванні і в промисловому виробництві [1-2].

Пошарове наплавлення (Fusing Deposition Modeling, FDM):

Для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівається в друкуючій голівці до напіврідкого стану і видавлюється у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, осідаючи на поверхні робочого столу (для першого шару) або на попередньому шарі, з'єднуючись з ним. Головка переміщається в горизонтальній площині і поступово «малює» потрібний шар - контури і заповнення між ними, після чого відбувається вертикальне переміщення (найчастіше опусканням стола, але є моделі, в яких піднімається головка) на товщину шару і процес повторюється до тих пір, поки модель не буде побудована повністю.

В якості витратного матеріалу найчастіше використовуються різні пластики, хоча є і моделі, що дозволяють працювати з іншими матеріалами - оловом, сплавами металів з невисокою температурою плавлення і навіть шоколадом.

Мінуси, властиві даній методиці, очевидні:

- невисока швидкість роботи (але, власне, дуже вже високою швидкістю не можуть похвалитися й інші технології: для побудови великих і складних моделей потрібні багато годин і навіть десятки годин);

- невелика роздільна здатність як по горизонталі, так і по вертикалі, що призводить до більш-менш помітної шаруватості поверхні виготовленої моделі;

- проблеми з фіксацією моделі на робочому столі (перший шар повинен прилипнути до поверхні платформи, але так, щоб готову модель можна було зняти); їх намагаються вирішити різними способами - підігрівом робочого столу, нанесенням на нього різних покриттів, проте зовсім і завжди уникнути не виходить;

- для нависають елементів потрібне створення підтримують структур, які згодом доводиться видаляти, але навіть з урахуванням цього деякі моделі просто неможливо зробити на FDM-принтері за один цикл, і доводиться розбивати їх на деталі з подальшим з'єднанням склеюванням або іншим способом.

Таким чином, для дуже багатьох зразків, виготовлених за технологією FDM, буде потрібно більш-менш складна фінішна обробка, яку складно або неможливо механізувати, тому в основному вона проводиться вручну.

Є і менш очевидні недоліки, наприклад, залежність міцності від напрямку, в якому прикладається зусилля. Так, можна зробити зразок досить міцним на стиск в напрямку, перпендикулярному розташуванню шарів, але ось на скручування він буде набагато менш міцним: можливий розрив по межі шарів.

Інший момент в тій чи іншій мірі властивий будь-якої технології, пов'язаної з нагріванням: це термоусадка, яка призводить до зміни розмірів зразка після охолодження. Звичайно, тут багато залежить від властивостей використовуваного матеріалу, але часом не можна примиритися навіть зі змінами в кілька десятих часток відсотка.

Далі: технологія може здатися безвідходної тільки на перший погляд. І мова не тільки про підтримують структурах в складних моделях, чимало пластику йде у відходи навіть у досвідченого оператора при підборі оптимального для конкретної моделі режиму друку.

Чому ж при такій кількості проблем ця технологія зараз стала настільки популярною?

Головна і визначальна причина - ціна як на самі принтери, так і на витратні матеріали до них. Першим важливим поштовхом у процесі просування FDM-принтерів «в маси» стало витікання в 2009 році терміну дії патентів, внаслідок чого за п'ять років ціни на такі принтери знизилися більш ніж на порядок, а якщо розглянути крайності (найдорожчі до 2009 року і найдешевші сьогодні), то і на два порядки: ціна на найдешевші принтери китайського виробництва сьогодні становить всього 300-400 \$ - правда, швидше за все покупець в них моментально розчарується. Більш пристойні принтери початкового рівня зараз мають ціну вже ближче до \$ 1200-1500.

Другим важливим чинником стала поява проекту RepRap, або Replicating Rapid Prototyper - само відновлювальний механізм швидкого прототипування. Самовідтворення стосується виготовлення на вже зроблене принтері частин для іншого подібного принтера - звичайно, не всіх, а лише тих, які можна створити в рамках даної технології, все інше доводиться купувати. І воно не було самоціллю проекту: головним завданням стало створення максимально дешевих моделей принтерів, доступних навіть приватним ентузіастам, не обтяженим надлишком грошей, але бажаючим спробувати свої сили в 3D-друку. Більш того, що само відтворюються (в скільки-небудь помітної частини всіх деталей) були і є далеко не всі прототипи, створені в рамках RepRap.

Цілком, створені таким чином принтери часті всього далекого від досконалості навіть в рамках технологій FDM, але вони дозволяють з мінімальними фінансовими затратами створити вбудований працездатний апарат. Потрібно відмітити: сьогодні не обов'язково шукати володаря принтера, щоб надрукувати можливі деталі, і бігати по магазинам в пошуках іншого; пропонуються повні набори для самостійної збірки принтера, так називаються DIY набори (від «Do It Yourself» - зробіть сам), які дозволяють і забувають робити, і уникати досконалості і клопоту. Але є простір і для тих, хто не хоче замикатися в рамки готових

конструкцій і бажає вступити в них щось таке: є маса запропонованих по будь-яких окремих комплектах для подібних принтерів.

Ще одна позитивна сторона розвитку проекту RepRap - поява і вдосконалення різного програмного забезпечення для роботи з подібними 3D-принтерами, причому розповсюдження вільно. У цьому не менш важлива відмінність від апаратів, що випускаються іменними виробниками, які працюють тільки з власним ПО.

В принципі, проект не замикається на технології FDM, але тепер вона є найбільш доступною, а також як найбільш доступний матеріал є пластиковою, яка і використовується в більшості принтерів, створених на базі розробки RepRap.

Широке поширення FDM-принтерів призвело до збільшення попиту на витратні матеріали до них; пропозиція не могло не бути за попитом, і сталося те ж саме, що і з самими принтерами: ціни впали. Якщо на старих інтернет-сторінках, присвячених FDM-технологіям, зустрічаються згадки цін на рівні 2-3 і навіть більше сотень євро за кілограм пластикової нитки, то зараз повсюдно йдеться про десятки євро, і лише на нові матеріали з незвичайними властивостями ціна може досягати сотні доларів або євро за кілограм. Правда, якщо раніше продавалися в основному «фірмові» матеріали, то тепер часто пропонується нитка незрозумілого походження і невизначеного якості, але це неминуче супроводжує популярності.

Крім ціни, у FDM-принтерів є інші достоїнства, пов'язані з можливостями технології. Так, дуже легко оснастити принтер другий друкуючою голівкою, яка може подавати нитка з легковидаляється матеріалу для створення підтримок в складних моделях. Додавивши барвник при виготовленні пластикового нитки, можна отримувати різні, дуже яскраві кольори.

Та й сам матеріал нитки може мати найрізноманітніші властивості, тому розглянемо коротко найбільш поширені типи.

Пластикова нитка може бути двох стандартних діаметрів: 1,75 і 3 мм. Природно, вони не взаємозамінні, і вибір потрібного діаметра слід уточнювати за специфікацією принтера. Поставляється пластик на катушках і вимірюється не довжиною, а вагою. Для FDM-принтерів деяких виробників (наприклад, CubeX від

3D Systems) потрібно купувати не катушки, а спеціальні картриджі з ниткою, які в перерахунку на кілограм обходяться помітно дорожче, але виробник гарантує якість матеріалу.

Для кожного типу матеріалу повинні бути відомі робоча температура, до якої повинен нагріватися матеріал в друкуючій голівці, і температура підігріву робочого столу (платформи) для кращого прилипання першого шару. Ці величини не завжди однакові для будь-якого зразка нитки, зробленої з матеріалу одного типу, тому ми вказуємо приблизний діапазон; по ідеї, оптимальні температури повинні вказуватися на етикетці катушки або в супровідному документі, але це відбувається далеко не завжди, і часто їх доводиться підбирати експериментально.

Для друку на 3D принтері використовуються термопластичні різновиди пластиків. Їх характерна особливість полягає в тому, що при нагріванні вони стають пластичними, а при охолодженні знову переходять в твердий стан, і процес цей може бути повторений кілька разів. На можливість використання в 3D друку дуже сильно впливають фізико-хімічні та експлуатаційні властивості використовуваних термопластиків, тому з усього розмаїття сотень типів пластиків використовується досить невелика кількість термопластиків зручних і безпечних для застосування (наприклад ABS, PLA, PVA, HIPS, Нейлон-6) [2-3,6].

- Полілактид - один з найбільш широко використовуваних термопластиків, що обумовлюється відразу декількома факторами. Почнемо з того, що PLA відомий своєю екологічністю. Цей матеріал є полімером молочної кислоти, що робить PLA повністю біорозкладаним матеріалом. У той же час, екологічність полілактиду обумовлює його недовговічність. Пластик легко вбирає воду і щодо м'який. Як правило, моделі з PLA не призначаються для функціонального використання, а служать в якості дизайнерських моделей, сувенірів та іграшок. Серед небагатьох практичних промислових застосувань можна відзначити виробництво упаковки для харчових продуктів, контейнерів для лікарських препаратів і хірургічних ниток, а також використання в підшипниках, що не несуть високу механічну навантаження (наприклад, в моделюванні), що можливо завдяки відмінному коефіцієнту ковзання матеріалу.

- ABS-пластик - мабуть, найпопулярніший термопластик з використовуваних в 3D-друку, але не найпоширеніший. Таке протиріччя пояснюється певними труднощами технічного характеру, що виникають при друку ABS. Бажання умільців використовувати ABS обумовлюється відмінними механічними властивостями, довговічністю і низькою вартістю цього матеріалу. У промисловості ABS-пластик вже набуває широкого застосування: виробництво деталей автомобілів, корпусів різних пристроїв, контейнерів, сувенірів, різних побутових аксесуарів тощо.

ABS-пластик стійкий до вологи, кислот і масла, має досить високі показники термостійкості - від 90 ° С до 110 ° С. На жаль, деякі види матеріалу руйнуються під впливом прямого сонячного світла, що дещо обмежує застосування. У той же час, ABS-пластик легко піддається фарбуванню, що дозволяє наносити захисні покриття на немеханічних елементи.

- Полівінілхлорид - матеріал з унікальними властивостями і особливим застосуванням. Головною особливістю PVA є його розчинність у воді. 3D-принтери, оснащені подвійними екструдерами, мають можливість друку моделей з опорними структурами з PVA. По завершенні друку опори можуть бути розчинені у воді, залишаючи готову модель, яка потребує механічної або хімічної обробки нерівностей. Аналогічно, PVA можна застосовувати для створення водорозчинних майстер-моделей для ливарних форм і самих ливарних форм.

Механічні властивості PVA досить цікаві. При низькій вологості пластик має високу міцність на розрив. При підвищенні вологості зменшується міцність, але зростає еластичність. Температура екструзії становить 160-175 ° С, що дозволяє використовувати PVA в принтерах, призначених для друку ABS і PLA-пластиками.

- Нейлон привабливий своєю високою зносостійкістю і низьким коефіцієнтом тертя. Так, нейлон часто використовується для покриття деталей, що труться, що підвищує їх експлуатаційні якості і часто дозволяє функціонувати без змащення. Слідом за широким застосуванням нейлону в промисловості, матеріалом зацікавилися і в сфері адитивного виробництва. Спроби друкувати нейлоном робилися практично з перших днів технології FDM / FFF.

В реальності існує кілька видів нейлону, вироблених різними методами і мають дещо відмінні характеристики. Найбільш відомим є нейлон-66, створений американською компанією DuPont в 1935 році. Другим найбільш популярним варіантом є нейлон-6, розроблений компанією BASF в обхід патенту DuPont. Ці два варіанти дуже схожі. З точки зору 3D-друку головною відмінністю є температура плавлення: нейлон-6 плавиться при температурі 220°C , а нейлон-66 при 265°C .

- Полікарбонати приваблює за рахунок своєї високої міцності і ударної в'язкості, а також стійкості до високих і низьких температур.

Варто відзначити потенційний ризик для здоров'я при друку: в якості сировини найчастіше використовується токсична і потенційно Карциногенний з'єднання бісфенол А. Остаточний бісфенол А може міститися в готових виробах з полікарбонату і випаровуватися при нагріванні, в зв'язку з чим рекомендується проводити друк в добре вентильованих приміщеннях.

- Мабуть, найбільш поширений пластик в світі, поліетилен відносно рідкісний серед 3D-друкованих матеріалів. Причиною цього є складності при пошаровому виготовленні моделей.

Поліетилен легко плавиться ($130-145^{\circ}\text{C}$) і швидко застигає ($100-120^{\circ}\text{C}$), внаслідок чого наносяться шари часто не встигають схоплюватися. Крім того, поліетилен відрізняється високою усадкою, що провокує закрутку перших шарів і деформацію моделей в цілому при нерівномірному застиганні. Друк поліетиленом вимагає використання підігрівається платформи і робочої камери з акуратною регулюванням температурного режиму для уповільнення остигання нанесених шарів. Крім того, буде потрібно проводити друк на високій швидкості.

Пневматичні щити комплектуються спеціальним обладнанням і можуть містити як окремі клапани і розподільники, так і батарейний монтаж останніх, блоки підготовки повітря, перетворювачі і контрольно-регулюючу апаратуру, що дозволяє створити пристрої для вирішення широкого кола завдань [5].

Даний 3D-принтер призначений для швидкого створення дослідних зразків або модельної системи для демонстрації замовнику або перевірки можливості реалізації. Також для оцінки ергономіки, візуалізації та розробки дизайну виробу.

Перевагами 3Д друку являються:

- Скорочення тривалості технічної підготовки виробництва нової продукції в 2-4 рази.
- Зниження собівартості продукції, особливо в дрібносерійному або одиничному виробництві в 2-3 рази.
- Значне підвищення гнучкості виробництва.
- Підвищення конкурентоспроможності виробництва.
- Наскрізне використання комп'ютерних технологій, інтеграція з системами САПР.

Недоліками:

- Невисока фізична міцність виготовлених об'єктів.
- Розтікання пластика через нагрівання за кордону друкованої області.
- Обмеження застосування інших матеріалів крім тих, що можна розплавити і продавити.
- Чутливість до перепадів температур під час процесу друку.

1.1.2 Принцип роботи 3Д принтера.

«3Д-принтер» представлений на кресленні ДПБР.ПБ15.15.1702.001 (Додаток А) Даний прилад має в комплектації блок каркасу, екструдер, блок екструдера, нагрівальний стіл, блок робочого столу та електронний блок

Подача витратного матеріалу здійснюється з катушки, яка розташована на кріпленні. Далі пластик надходить у подавач з мотором, який контролює швидкість на кількість матеріалу, який надходить до екструдера, який в свою чергу нагріває та переміщуючись по направляючим здійснює процес друку на робочу площину нагрівального столу. Всі переміщення здійснює програмне керування принтера, яке знаходиться в електронному блоці, і прошите на плату керування, цифровий сигнал надходить з комп'ютера у плату керування, а вона подає сигнали на зубчасті мотори, які задають рух зубчастих ременів та переміщують карету з екструдером. Також сигнали надходять до блоку нагрівального столу, який переміщується по направляючих та по різьбовому гвинтів на гайці зворотнього ходу.

1.1.3 Технічні характеристики

1.1.3.1 Призначення:

- Область друку 215 x 215 x 230 мм;

Один з основних параметрів. Розповідає нам, якого максимального розміру ми можемо роздрукувати деталь. За фактом, область друку зазвичай трохи менше. І в реальності такого розміру деталі не друкуються. Зазвичай деталь може бути більше одного з розмірів. Але тут треба розуміти, що ми можемо розміщувати деталь по діагоналі робочого столу. Тому максимальна довжина деталі у нас зазвичай обмежена довжиною діагоналі столу. Хоча в деяких випадках можна підключати і третій вимір. Але тут треба вже враховувати напрямок шарів.

- Точність позиціонування осі X, Y: 0,04 мм

Важливий параметр, який впливає на якість друку. Полягає в тому, наскільки точно принтер може спозиціонувати екструдер над робочою площиною. Досягається при справній механіці, натягнутих ремнях і змащених направляючих;

- Точність позиціонування осі Z: 0,01 мм

Теж важливий параметр, що впливає на якість. Повністю залежить від реалізації переміщення по осі Z.

- Діаметр нитки: 1,75 мм

Параметр розповідає нам про матеріали, використовувані 3D-принтером. Зараз за фактом існує два типорозміри філамента: 1,75мм і 2,85 (3,00) мм.

- Діаметр сопла, мм: 0,3

Чим тонше сопло, тим з більш високою точністю можемо надрукувати деталь. В теорії. За фактом більш тонке сопло схильне до засмічення. І починаючи з діаметра 0,2 мм, це може становити серйозну проблему.

Друга причина - зі зменшенням діаметра сопла зростає час друку. Тут залежність лінійна - менше діаметр сопла - треба пройти більше шарів і проходів для того, щоб стінки мали достатню міцність.

В результаті найпоширенішими соплами є діаметром 0,3-0,4мм. З ними досягається пристойна точність. І час друку досить адекватне.

Сопла більшого діаметру 0,5-1,0мм зазвичай використовуються в принтерах з великою областю друку. З ними досягається швидкість, яка пріоритетною при друку великих деталей, ніж якість друку дрібних деталей моделі. У більшості принтерів сопла можна поміняти і використовувати потрібний діаметр для своєї роботи. Але за фактом поставивши 0,3-0,4мм ви забриєте 95% всіх можливих завдань.

- Висота шару: від 50 до 150 мікрон

Багато виробників декларують висоту шару навіть менше 50 мікрон. Для більшості нижня межа це 50-100мікрон. Тут треба розуміти - чим тонше шар, тим більше часу триває друк. Тобто деталь шаром 0,05 мм буде друкуватися як мінімум в два рази довше, ніж деталь шаром 0,1 мм.

Тому для більшості завдань нижня межа 0,1 або 100 мікрон більш ніж достатня.

Що ж до верхньої межі товщини, тут теж є залежність. Для якісного друку потрібно, щоб товщина шару була не більшою 0,5-0,6 від діаметра сопла. Тобто для діаметра сопла 0,3 мм оптимальна верхня межа товщини, як тут і вказана - 150 мікрон або 0,15 мм.

- Швидкість друку: 40-150 мм / с

Швидкість друку поняття відносне, і зазвичай воно досягається на друку великих прямолінійних деталей. Швидкість друку нерівномірна і залежить від багатьох параметрів. І чим складніше модель, тим менше швидкість друку. Середня швидкість більшості принтерів лежить в районі 50-100мм / сек. Швидкість вибирається або вручну в налаштуваннях або сам слайсер (програма підготовки друку) сама знижує швидкість до адекватних величин.

- Максимальна швидкість переміщення друкуючої головки: 300мм / сек

Параметр, що впливає на швидкість друку. Має опосередковане відношення до загальної швидкості друку. Демонструє, з якою максимальною швидкістю, може переміщатися екструдер «вхолосту».

- Нагрівальний стіл: так

Ще одна важлива опція. Наявність підігрівача столу дозволяє використовувати практично всі доступні матеріали для друку. В першу чергу з великою усадкою.

- Кількість друкуючих головок: 1

Більшість 3D-принтерів мають один екструдер і це теж зазвичай досить для переважної більшості завдань. Другий екструдер дає можливість використовувати розчиняється матеріал для створення підтримок. Наприклад, HIPS або PVA.

Можна так само друкувати двома кольорами. Але це практично не застосовується. І крім демонстрації можливостей, зазвичай серйозно не використовується.

Взагалі, двухматеріальний друк отримала свій імпульс розвитку після появи на ринку принтера PRO250 від компанії PICASO. Там використовується екструдер з поворотними соплами JetSwitch. Він дозволяє домогтися якісного друку двома матеріалами. І найголовніше він кардинально скоротив час друку двома матеріалами. Справа в тому, що при друку двома матеріалами, коли екструдери розташовані поруч один з одним, доводиться будувати додаткову технологічну «вежу» поруч з деталлю. Це призводить до значного зростання часу друку. Перемикання між екструдерами може займати по кілька хвилин.

- Програмне забезпечення: RepetierHost, Slic3r, Cura
- Друк з SD-карти: Так

Друк за допомогою USB може привезти до браку. Справа в тому, що інтерфейс USB досить залежний від швидкодії комп'ютера. І якщо ви навантажите свій комп'ютер «важкої» програмою в момент друку, є можливість що він «зависне», що призведе до похибки.

- Габарити: 512x430x520 мм

Параметр важливий тільки для розуміння, де ви зможете розмістити обладнання.

1.1.3.3 Технічне обслуговування:

1. Перевірка болтових з'єднань. Вібрації, що виникають при друку, послаблюють болтові з'єднання. Для збереження високої якості друку гайки періодично потрібно підкручувати. В першу чергу потрібно звернути увагу кріплення моторів і осей, а так само шківів на валах.

2. Очищення куллерів і електроніки. Лопатки вентиляторів - місце, де постійно накопичується пил. Як правило, це призводить до погіршення охолоджуючих здібностей вентилятора, що, в свою чергу веде до поганих наслідків для електроніки і нагрівальних елементів 3D принтера.

3. Перевірка натягу ременів. Використання 3D принтера на протязі довгого часу може призвести до того, що натяг ременів істотно ослабне.

4. Змащення та очищення напрямних і ходових направляючих. Як напрямні, так і ходові шпильки по осей X, Y, Z повинні бути завжди чисті і добре змащені - це дозволяє майже гарантовано позбутися від непотрібних вібрацій і дратівливих скрипів.

5. Очищення нагрівального столу.

6. Очистка екструдера.

1.1.3.4 Інструкція з експлуатації:

Перед підключенням принтера до розетки, перевірте, що параметри місцевої електромережі відповідають параметрам зазначеним на принтері і в інструкції по експлуатації.

Видана екструдером нитка термопластика що, вийшли в процесі друку та об'єкти, безпосередньо під час друку і тривалий час після друку, мають високу температуру, більше 70 ° C. Щоб уникнути опіків дочекайтеся їх охолодження до прийнятних температур і будьте обережні від'єднуючи їх від нагрівального столу принтера.

Деякі види витратних матеріалів виділяють летючі компоненти в процесі нагрівання і екструзії. Враховуйте це при розміщенні та експлуатації принтера в житлових приміщеннях.

При обробці верхній поверхні нагрівального столу запобігайте потраплянню агресивних речовин і рідин (клеї, лаки, розчинники тощо) на інші частини і поверхні принтера.

Враховуйте, що зусилля на моторах можуть досягати 5 кг, нагрівання столу проводиться аж до 125 ° C а температура екструдера становить від 50 ° C градусів в області мотора і може підніматися понад 260 ° C в районі сопла [10-12].

1.2 Проектування структурних схеми

Проектування складального технологічного процесу починається з побудови структурної схеми складання, яку отримано на основі аналізу конструкторської документації. Вона визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Схема представлена на кресленні ДПБР.ПБ51.15.1720.002 (Додаток А).

Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Дана схема будується на основі аналізу конструкції виробу. Із структурної схеми повинно бути зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи. Взагалі вся конструкція виробу складається з окремих менш складових складальних елементів, які в свою чергу складаються з найпростіших структурних одиниць. Згідно з ГОСТ 2.101-84, виріб складається з найпростіших структурних елементів: деталей, складальних одиниць та комплексів[7].

ЗД принтер складається з 6 складальних вузлів і окремих деталей, що входять до складу приладу.

Вузли:

1 – Блок каркасу СК – складається з стійка горизонтальна (1), стійка вертикальна (2), опора (3), гайка Т-подібна (44), гвинт М5х8 (49), кутник (56).

2 – Екструдер СК – складається з корпусу підшипника (4), кришка підшипника (5), корпусу екструдера (6), кришка екструдера (7), затискач зубчастого ремня (8), кріплення екструдера (9), екструдер в зборі (10), кришка кріплення (11), гайка М3 (46), гайка М2 (47), гвинт М3х30 (51) гвинт М3х20 (52) гвинт М2х20 (54), лінійний підшипник (57), підшипник (58), прокладка (59), шайба М3 (61), шайба М2 (62), Y-направляюча (63), кінцевик (67).

3 – Блок кріплення екструдера СК – складається з кріплення x-направляючої (12), кріплення x-направляючої укорочене (13), кріплення мотору праве (14), кріплення мотору ліве (15), зубчасте колесо (16), кріплення подавача (17), подавач в зборі (18), кріплення кінцевика (19), кріплення катушки(20), гайка М5 (45), гайка

M3 (46), гайка M2 (47), гвинт M5x8 (49), гвинт M3x50 (50), гвинт M3x12 (53), гвинт M2x20 (52), зубчастий ремінь (55), кутник (56), підшипник (58), x-направляюча 8x365 (64), кінцевик (67), мотор (68),

4 – Нагрівальний стіл СК – складається з стійка внутрішня (21), стійка зовнішня (22), кришка стійки (23), корпус лінійного підшипника (24), z-обмежувач (25), гайка зворотнього ходу (26), кришка лінійного підшипника (27), підставка нагрівального столу (28), кришка пружини (29), нагрівальний стіл (30), коркова площина (31), скляна площина (32), гайка т-подібна (44), гайка M3 (46), гайка метелик M3 (48), гвинт M5x8 (49), гвинт M3x50 (50), гвинт M3x20 (52), кутник (56), пружина (60), шайба M3 (61).

5 – Блок робочої площини СК – складається з кріплення z-направляючої (32), кріплення z-мотору (33), кріплення z-гвинта (34), муфта (35), корпус Z-кінцевика (36), корпус Z-кінцевика (37), гайка M3 (46), гайка M2 (47), гвинт M5x8 (49), гвинт M3x20 (52), гвинт M3x12 (53), Z-направляюча 12x440 (65), Z-гвинт тр12x420 (66).

5 – Електронний блок СК – складається з основа (38), блок живлення (39), кріплення плати (40), плата керування в зборі (41), корпус кулера (42), кулер (43), гайка M3 (46), гайка M2 (47), гвинт M5x8 (49), гвинт M3x50 (50), гвинт M2x20 (54), кутник (56), прокладка (59).

1.3 Аналіз виробу на технологічність

Технологічність - це одна з комплексних характеристик технічного пристрою, яка виражає зручність його виробництва, ремонтпридатність і експлуатаційні якості.

Технологічність - поняття відносне, на неї в визначальною мірою впливають місце виготовлення, серійність, культура виробництва, доступне обладнання, який притягається персонал, розвиненість міжгосподарських зв'язків і багато іншого.

Складальні деталі технологічні так як:

- 1) Деталі мають чітку базову поверхню;
- 2) Велика частина деталей стандартна або уніфікована;
- 3) Деталі отримані раціональним способом;

4) Можливо безпосереднє вимірювання заданих на кресленні розмірів;

5) Велика частина деталей має низьку точність і більш грубу оброблювану поверхню;

6) Деталі можна виміряти стандартними вимірювальними інструментами;

1.3.1 Основні показники технологічності

Розглянемо список уніфікованих та не уніфікованих вузлів, операцій та деталей:

Таблиця 1.1 - Список вузлів

№	Список вузлів	Кількість	Примітка
A1	Блок каркасу СК	1	уніфікований
A2	Екструдер СК	1	не уніфікований
A3	Блок екструдера СК	1	не уніфікований
A4	Нагрівальний стіл СК	1	не уніфікований
A5	Блок робочого столу СК	1	не уніфікований
A6	Електронний блок СК	1	уніфікований

Таблиця 1.2 - Список операцій

№	Список операцій	Примітка
1	Комплектування	уніфікована
2	Згвинчування	уніфікована
3	Встановлення	уніфікована
4	Контроль	не уніфікована

Таблиця 1.3 - Список деталей

Блок каркасу СК			
№	Список деталей	Кількість	Примітка
1	Стійка горизонтальна	4	Уніфікована
2	Стійка вертикальна	8	Уніфікована
3	Опора	4	Не уніфікована
Екструдер СК			
4	Корпус підшипника	2	Не уніфікована
5	Кришка підшипника	2	Не уніфікована
6	Корпус екструдера	1	Не уніфікована
7	Корпус екструдера	2	Не уніфікована
8	Затискач зубчастого ременя	1	Не уніфікована
9	Кріплення екструдера	1	Уніфікована
10	Екструдер в зборі	1	Уніфікована
11	Кришка кріплення	1	Не уніфікована
Нагрівальний стіл СК			
21	Стійка внутрішня	1	Уніфікована
22	Стійка зовнішня	2	Уніфікована
23	Кришка стійки	1	Не уніфікована
24	Корпус лінійного підшипника	1	Не уніфікована

25	Z-обмежувач	1	Уніфікована
26	Гайка зворотнього ходу	1	Уніфікована
27	Кришка лінійного підшипника	1	Не уніфікована
28	Підставка нагрівального столу	1	Уніфікована
29	Кришка пружини	4	Уніфікована
30	Нагрівальний стіл	1	Уніфікована
31	Коркова площина	1	Уніфікована
32	Скляна площина	1	Уніфікована
Блок каркасу СК			
32	Кріплення Z-направляючої	1	Не уніфікована
33	Кріплення Z-мотору	1	Не уніфікована
34	Кріплення Z-гвинта	1	Не уніфікована
35	Муфта	1	Уніфікована
36	Корпус Z-кінцевика	1	Уніфікована
37	Корпус Z-кінцевика	1	Уніфікована
Клемник СК			
33	Основа	1	Уніфікована
34	Блок живлення	1	Уніфікована
35	Кріплення плати	4	Не уніфікована

36	Плата керування в зборі	1	Уніфікована
37	Корпус кулера	1	Уніфікована
38	Кулер	1	Не уніфікована
Стандартні вироби			
39	Гайка Т-подібна	121	Не уніфікована
40	Гайка М5	2	Уніфікована
41	Гайка М3	57	Уніфікована
42	Гайка М2	8	Уніфікована
43	Гайка метелик М3	4	Уніфікована
44	Гвинт М5х8	98	Уніфікована
45	Гвинт М3х50	8	Уніфікована
46	Гвинт М3х30	14	Уніфікована
47	Гвинт М3х20	31	Уніфікована
48	Гвинт М3х12	38	Уніфікована
49	Гвинт М2х20	6	Уніфікована
50	Зубчастий ремінь	2	Не уніфікована
51	Кутник	37	Не уніфікована
52	Лінійний підшипник	8	Не уніфікована
53	Підшипник	12	Уніфікована
54	Прокладка	24	Уніфікована
55	Пружина	4	Уніфікована

56	Шайба М3	23	Уніфікована
57	Шайба М2	1	Уніфікована
58	У-направляюча 8x365	2	Уніфікована
59	Х-направляюча 8x365	2	Уніфікована
60	Z-направляюча 12x440	2	Уніфікована
61	Z-гвинт Tr12x420	1	Не уніфікована
Покупні вироби			
62	Кінцевик	2	Уніфікована
63	Мотор	3	Уніфікована

1.3.2 Додаткові показники технологічності

Показник відносної складності:

Визначається коефіцієнтом збірності конструкції $K_{ск.}$, який ураховує ступінь розчленованості всієї конструкції виробу на складальні одиниці N і деталі n .

$$K_{ск.} = N / n \quad (1.1)$$

Чим більший цей коефіцієнт, тим більше виріб є технологічним, оскільки в такому випадку легше виконувати складання за рахунок паралельності складальних операцій на уніфікованих і спеціалізованих робочих місцях, легше виконувати контроль, нижча собівартість. Порівняльний аналіз можна вести з орієнтовних цифр:

$K_{ск} < 0,1$ технологічність низька.

$K_{ск} = 0,1- 0,2$ технологічність задовільна.

$K_{ск} > 0,2$ технологічність добра.

$$K_{скл} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}} \quad (1.2)$$

де $N_{\Sigma} = 6$, кількість вузлів виробу;

$n_{\Sigma} = 565$, кількість деталей виробу.

$$K_{ск} = 6/565 = 0,0106$$

$K_{ск} < 0,1$ технологічність низька.

Показник уніфікації виробу:

Під уніфікованими складальними одиницями та деталями розуміють широко застосовувані, нормалізовані елементи, куповані та стандартні. Порівняння ведуть за таких умов:

$K_{ун} < 0,25$ технологічність низька.

$K_{ун} = 0,25- 0,5$ технологічність задовільна.

$K_{ун} > 0,5$ технологічність добра.

$$K_{ун} = \frac{N_{ун} + n_{ун}}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}} \quad (1.3)$$

де $N_y = 2$, кількість уніфікованих вузлів виробу;

$n_y = 191$, кількість уніфікованих деталей виробу.

$$K_{ун.} = (2+191)/(6+565) = 0.338;$$

$K_{ун} = 0,25- 0,5$ технологічність задовільна.

Коефіцієнт уніфікації по вузлам:

$$K_{ун.N} = \frac{N_{ун}}{N_{\Sigma}}, \text{ де} \quad (1.4)$$

$N_{ун}$ - число всіх уніфікованих складальних одиниць в схемі структурного складу;

N_{Σ} - число всіх складальних одиниць на схемі структурного складу;

$N_{\Sigma} < 0.2$ – технологічність незадовільна;

$N_{\Sigma} = 0.2..0.4$ – технологічність задовільна;

$N_{\Sigma} > 0.4$ – хороша технологічність.

$$N_{ун.} = 2/6 = 0,3$$

$N_{yn} = 0.2 \dots 0.4$ – технологічність задовільна.

Коефіцієнт уніфікації по деталям:

Орієнтовно можна оцінювати за величиною:

$K_{yn} < 0,3$ технологічність низька;

$K_{yn} = 0,3-0,6$ технологічність задовільна;

$K_{yn} > 0,6$ технологічність добра.

$$K_{yn} = \frac{n_y}{n_{\Sigma}} = 374/565 = 0,66 \quad (1.5)$$

$K_{yn} > 0,6$ - технологічність добра.

Коефіцієнт технологічності по уніфікації операцій:

Цей показник характеризує технологічність виробу з погляду простоти освоєння його на виробництві за рахунок можливості застосування при його складанні раніше застосовуваних, добре освоєних і оснащених складальних процесів, які називаються в цьому разі уніфікованими, відомими в галузі. До таких процесів належать згвинчування, пресування, паяння, монтаж шарикопідшипникових опор, намотувальні процеси та ін [7]..

Технологічність аналізованого виробу за показником уніфікації застосовуваних процесів оцінюється коефіцієнтом застосування типових для галузі технологічних процесів:

$K_{yon} < 0,5$ технологічність низька;

$K_{yon} = 0,5-0,75$ технологічність задовільна;

$K_{yon} > 0.75$ технологічність добра.

$$K_{yon} = \frac{Q_{y/on}}{Q_{\Sigma/on}} \quad (1.6)$$

де $Q_{y/on} = 3$ – кількість уніфікованих операцій;

$Q_{\Sigma/on} = 4$ – кількість всіх операцій.

$$K_{yon} = 3/4 = 0,75$$

$K_{\text{yon}} = 0,5-0,75$ технологічність задовільна.

(Всі розрахункові формули та теоретичний матеріал цієї частини розділу взято із літератури №[1].)

Вузли виробів технологічні так як:

- 1) Складальні одиниці кинематически замкнуті;
- 2) Базові вузли здатні служити основою для подальшої збірки;
- 3) Кожен вузол забезпечує можливість його автономного контролю.

1.3.3 Комплексний показник технологічності

Технологічність конструкції виробу - це сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її задовільність до досягнення оптимальних витрат праці, при процесі виготовлення продукту і технічному обслуговуванні для заданих показників якості обсягу випуску і умов виконання робіт. Вираховується за формулою (1.7):

$$K_{т.} = (K_{ск} + K_{уп.} + N_{ун} + K_{ун.} + K_{у.оп.}) / 5 \quad (1.7)$$

$$K_{т.} = (0,0106 + 0,3 + 2 + 0,738 + 0,75) / 5 = 0,75972$$

$$K_{т.} = 0,75972$$

З попередніх розрахунків видно, що загальний коефіцієнт технологічності виробу добрий (тому що більшість коефіцієнтів мають добру технологічність).

Конструкція принтера технологічна так як:

- 1) Конструкція принтера дозволяє збирати її з попередньо зібраних вузлів.
- 2) Вузли при необхідності можуть проходити контроль і випробування перед подальшою збіркою.
- 3) Конструкція забезпечує зручний і вільний підведення інструментів до місць з'єднання деталей.
- 4) Збірка проводиться без застосування складних пристроїв.
- 5) Базова деталь жорстка і має хороші технологічні бази.
- 6) Конструкція виключає проміжні розбирання і повторні збірки.
- 7) Компонування і способи з'єднання забезпечують легкознімних складових частин.

1.4 Розрахунок виробничих показників розподільчого щита потоку повітря

1.4.1 Тип виробництва

На організацію виробничих процесів, вибір методів підготовки виробництва, планування діяльності та контролю якості впливає тип виробництва.

Тип виробництва – це комплексна характеристика технічних, організаційних та економічних особливостей промислового підприємства, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і повторюваністю випуску продукції.

Розрізняють три основні організаційні типи виробництва: масовий, серійний, одиничний.

Одиничному виробництву характерно:

1. штучний випуск виробів, повторюваність випуску однорідної продукції нерегулярна або зовсім відсутня;
2. різноманітність робіт, відсутність закріплення за робочими місцями певних операцій;
3. виконання робіт на універсальному обладнанні без спеціального оснащення, велика частка ручних робіт, що подовжує виробничий цикл;
4. переважання робітників-універсалів високої кваліфікації.

Серійному виробництву характерно:

1. постійність випуску досить великої номенклатури виробів;
2. робочі місця та обладнання частково спеціалізовані. Процес праці відрізняється великою повторюваністю, великою постійністю структури;
3. вимоги до кваліфікації робітників у порівнянні з індивідуальним виробництвом нижче;
4. характерні менші, ніж для одиничного трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість.

Масовому виробництву характерно:

1. постійний і безперервний випуск строго обмеженої номенклатури продукції;
2. вузька спеціалізація робочих місць;
3. скорочення обсягу всякого ручної праці;
4. структура процесу праці постійна;

5. велику питому вагу спеціалізованого обладнання;
6. механізованих і автоматизованих процесів;
7. найбільш економічний тип виробництва;
8. характерні висока продуктивність праці;
9. найбільш повне завантаження устаткування.

1.4.2 Річна програма випуску

Під типом виробництва розуміється сукупність ознак, що визначають організаційно-технічну характеристику виробничого процесу, здійснюваного на одному або багатьох робочих місцях, в масштабі ділянки, цеху, підприємства. Тип виробництва багато в чому зумовлює форми спеціалізації і методи організації виробничих процесів [7].

Таблиця 1.4
Визначення типу виробництва

Маса деталі, кг.	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібно серійне	Середньо-Серійне	Багато серійне	Масове
< 1,0	< 10	10 - 2000	1500 - 100000	75000 - 200000	200000
1,0 - 2,5	< 10	10 - 1000	1000 - 5000	50000 - 100000	100000
2,5 - 5,0	< 10	10 - 500	500 - 35000	35000 - 75000	75000
5,0 - 10	< 10	10 - 300	300 - 25000	25000 - 50000	50000
> 10	< 10	10 - 200	200 - 10000	10000 - 25000	25000

$$N_y = N * K * \left(1 + \frac{\beta_1}{100}\right) * \left(1 + \frac{\beta_2}{100}\right) \quad (1.8)$$

Де K – кількість деталей на одиницю виробництва;

β_1 – відсоток запасних деталей;

$$\beta_1 = 13\%;$$

β_2 – відсоток можливого технологічного браку;

$$\beta_2 = 4\%;$$

N – кількість деталей у партії;

$N = 2000$ шт.;

$N_y = 2000 * 1,13 * 1,04 = 2351$ шт.

Розрахунок кількості деталей у партії:

$$n = \frac{N_y * t}{F} = \frac{2350,4 * 5}{253} = 47 \text{ шт.} \quad (1.9)$$

де $t = 5$ днів – кількість деталей на складах;

$F = 253$ дня – кількість робочих днів на рік.

Висновок: відповідно до даної кількості та ваги деталі – це відповідає середньо серійному виробництву.

1.5 Проектування технологічної схеми складання

Конструкція механізму має кілька складальних вузлів, які можливо збирати незалежно один від одного, тому можлива вузлова зборка виробу. Але неможливо одночасне приєднання декількох вузлів до базового елемента через його конструкції.

Технологічну схему складання складаємо на основі складального креслення виробу, яка показує, в якій послідовності необхідно приєднувати один до одного елементи, з яких складається виріб. Такими елементами є деталі, комплекти, вузли, підвузли і складальні одиниці.

Порядок складання технологічної схеми складання починаємо з призначення базового елемента. Базовим елементом назвемо деталь, з якої починаємо збірку виробу

В даному виробі базовим вузлом являється каркас на який кріпляться інші вузли, саме складання даного вузла починається з базових деталей стійок, які з'єднуються за допомогою Т-подібних гайок, кутників та гвинтів М5х8. Кутники необхідні для досягнення правильності геометричних форм даного продукту, що дуже важливо і впливає на точність друку.

Технологічна схема складання показує, в якій послідовності необхідно приєднувати і закріплювати один до одного елементи, з яких збирається виріб. Такими елементами є деталі, комплекти, вузли, підвузли і складальні одиниці.

Базовою деталлю на початковому етапі складання даного пристрою є Шкаф (31). На нього пригвинчується Блок підготовки повітря СК (А1), два блоки Розподільвачів СК (А2, А3) та Клемник СК(А4). Далі загвинчується Кабельний ввід та Короб. Після цього загвинчується Кран шаровий СК (А5). Згвинчуються фітинги з глушниками, пригвинчуються фітинги, що залишились та встановлюються трубки. Отриманий щит контролюємо та випробовуємо[7].

Технологічна схема складання "3Д-принтера" представлена на кресленні ДПБР.ПБ5115.1702.003 (Додаток А).

1.6 Проектування маршруту складання

Технологічний маршрут процесу складання. Послідовність операцій визначається на основі технологічних схем і загального переліку робіт.

З огляду на середньо серійний тип виробництва, приймаємо наступну структуру складання:

складальні вузли збираються стаціонарно;

Послідовність операцій визначається на основі технологічних схем і загального переліку робіт.

У технологічній схемі спосіб виготовлення відображається шляхом послідовного опису операцій, що протікають у відповідних апаратах, машинах або іншому устаткуванні. Умовний розподіл процесів на фізичні, механічні та хімічні сприяє їх типізації та полегшує вибір найефективнішого способу, складання вузлів та виробів [7].

Таким чином маршрут складання «3Д принтера» буде складатися з наступних операцій:

005 Комплектувальна

1. Комплектувати деталі відповідно до специфікації

010 Підготовча

1. Підготувати деталі

2. Контролювати якість комплектуючих

015 Складання вузла Блок каркасу СК

1. Встановити стійка горизонтальна (поз. 2) до стійка вертикальна (поз. 1) встановити гайка Т-подібна (поз. 44) кріпити кутник (поз. 56) та загвинтити гвинтом М5х8(поз. 49)Встановити опора(поз. 3) у стійка вертикальна(поз. 1)

2. Закріпити гвинтом М5х8(поз. 49)

020 Складання вузла Екструдер СК

1. Встановити лінійний підшипник (поз. 8) в корпус підшипника (поз. 2)

2. Встановити Y-направляюча (поз. 63) у лінійний підшипник (поз. 57)

3. Встановити підшипник (поз. 58) на Y-направляюча (поз. 63)

4. Закріпити кришка підшипника (поз. 5) у корпус підшипника (поз. 2) гвинтом M3x20 (поз. 52) та гайкою M3 (поз. 46)
Встановити корпус екструдера (поз. 6) на Y-направляюча (поз. 63)
5. Встановити прокладка (поз. 54) на корпус екструдера (поз. 6)
6. Закріпити кришка екструдера (поз. 5) у корпус екструдера (поз. 2) гвинтом M2x20 (поз. 52) шайбою M2 (поз. 62) та гайкою M2 (поз. 47)
7. Закріпити кінцевик (поз. 67) у корпус екструдера (поз. 2) гвинтом M2x20 (поз. 52) шайбою M2 (поз. 62) та гайкою M2 (поз. 47)
8. Закріпити затискач ремня (поз. 8) у корпус екструдера (поз. 2) гвинтом M3x20 (поз. 51) шайбою M2 (поз. 61) та гайкою M2 (поз. 46)
9. Закріпити кріплення екструдера (поз. 9) у корпус екструдера (поз. 8) гвинтом M3x20 (поз. 52) та гайкою M3 (поз. 46)
10. Встановити екструдер (поз. 9) на кріплення екструдера (поз. 6)
11. Закріпити кришка кріплення (поз. 11) кріплення екструдера (поз. 9) гвинтом M3x20 (поз. 52) та гайкою M3 (поз. 46)

025 Складання вузла Блок екструдера СК

1. Встановити X-направляюча (поз. 64) у кріплення X-направляючої (поз. 12) та кріплення X-направляючої укорочене (поз. 13)
2. Закріпити Екструдер СК (поз. A2) на X-направляюча (поз. 64) гвинтом M3x12 (поз. 53)
3. Встановити праве та ліве кріплення мотору (поз. 14, 15)
4. Закріпити мотор (поз. 68) на кріплення мотору (поз. 14, 15) гвинтом M3x12 (поз. 53)
5. Встановити підшипник (поз. 58) на гвинт M3x50 (поз. 50) та закріпити гайкою M3 (поз. 46)
6. Встановити зубчасте колесо (поз. 17) на мотор (поз. 68)
7. Встановити верхній та нижній ремінь (поз. 55)
8. Встановити кріплення подавача (поз. 17) кріпити кутник (поз. 56) та загвинтити гвинтом M5x8 (поз. 49)

9. Закріпити мотор (поз. 68) та подавач в зборі (поз. 18) на кріпленні подавача (поз. 17) гвинтом M3x12 (поз. 53)
10. Закріпити кріплення катушки (поз. 19) та кріплення кінцевика (поз. 20) гвинтом M5x8 (поз. 49)
11. Закріпити кінцевик (поз. 67) на кріплення кінцевика (поз. 20) гвинтом M2x20 (поз. 54) та гайкою M2 (поз. 47)

030 Складання вузла Нагрівальний стіл СК

1. Встановити стійка внутрішня (поз. 21) до стійка зовнішня (поз. 22) встановити гайка T-подібна (поз. 44) кріпити кутник (поз. 56) та загвинтити гвинтом M5x8 (поз. 49)
2. Закріпити кришка стійки (поз. 22) до стійки внутрішня (поз. 21) Гвинтом M5x8 (поз. 49)
3. Встановити корпус лінійного підшипника (поз. 24), Z-Обмежувач (поз. 25), гайку зворотнього ходу (поз. 26) Лінійни підшипник (поз. 52) у кришку стійки (поз. 24)
4. Закріпити кришка лінійного підшипника (поз. 52) у корпус лінійного підшипника (поз. 24) гвинтом M3x20 (поз. 52) та гайкою M3 (поз. 46)
5. Закріпити гвинт M3x50 (поз. 50) у Z-Обмежувач (поз. 25) гайкою M3 (поз. 49)
6. Встановити підставку нагрівального столу (поз. 28) гвинтом M3x20 (поз. 52) шайбою M3 (поз. 62) та гайкою M3 (поз. 47)
7. Встановити кришку пружини (поз. 29) та пружину (поз. 35) на підставку нагрівального столу (поз. 29)
8. Встановити нагрівальний стіл (поз. 30) та коркову площину (поз. 31) на пружину (поз. 35)
9. Закріпити скляну площину (поз. 32) Гвинтом M3x50 (поз. 50) та гайкою метелик (поз. 48)

035 Складання Блок робочого столу СК

1. Кріплення Z-направляючої, кріплення Z-мотору (поз. 32, 33) на Z-направляюча (поз. 65)

2. Встановити кріплення Z-гвинта (поз. 34) на Z-гвинт (поз. 66)
3. Закріпити нагрівальний стіл СК (поз. А4) на Z-Направляюча та Z-Гвинт (поз. 65, 66) гвинтом M3x12 (поз. 53)
4. Закріпити мотор (поз. 68) на кріплення Z-мотору (поз. 33) гвинтом M3x12 (поз. 53)
5. Закріпити муфта (поз. 35) на кріпленні Z-гвинта(поз.34) гвинтом M3x12 (поз.53) та гайкою M3 (поз.49)
6. закріпити корпус Z-Кінцевика (поз. 36) гвинтом M3x12 (поз.53) та гайкою M3 (поз.49)
7. Встановити кришку Z-Кінцевика (поз. 37) гвинтом M2x20 (поз. 54) та гайкою M2 (поз. 47)

040 Складання Електронний блок СК

1. Закріпити блок живлення (поз. 39) на основі (поз. 38) кутником (поз. 56) та гвинтом M5x8 (поз. 49)
2. Встановити кріплення плати (поз. 40) на основу (поз. 38)
3. Закріпити плату керування в зборі (поз. 41) на основу (поз. 38) прокладкою (поз. 59) гвинтом M5x50 (поз. 50) Гайкою M3 (поз. 46)
4. Встановити кулер (поз. 43) на плату керування в зборі (поз. 41)
5. Закріпити корпус кулера (поз. 44) на плату керування (поз. 41) гвинтом M2x20 (поз. 54) та гайкою M2 (поз. 47)

045 Контроль

1. Система контролю функціонування
2. Контроль позиціонування робочого столу
3. Термобокс для філаменту

На основі технологічної схеми складання був складений маршрут складання “ЗД принтера” (Додаток В), який виготовлений за допомогою САПР «ADEM».

1.7 Розрахунок нормування складальних робіт

Трудомісткість характеризує кількість праці, що витрачається на один виріб з урахуванням його конструктивних особливостей на етапах виробництва, експлуатації та ремонту.

005 Комплектувальна	(5 хв.)
010 Підготовча	(4 хв.)
015 Складання вузла Блок каркасу СК	(15 хв.)
020 Складання вузла Екструдер СК	(12 хв.)
025 Складання вузла Блок екструдера СК	(10 хв.)
030 Складання вузла Нагрівальний стіл СК	(9 хв.)
035 Складання Блок робочого столу СК	(6 хв.)
040 Складання Електронний блок СК	(10 хв.)
045 Контроль	(9 хв.)

Абсолютний техніко-економічний показник трудомісткості виготовлення виробу T_0 виражається сумою нормо-годин, витрачених на виготовлення виробів:

$T_0 = \sum_1^n T_{oi}$, де n - кількість окремих робіт; T_{oi} - час виконання кожної роботи, хв.

$$T_0 = \sum_1^n T_{oi} = 5 + 4 + 15 + 12 + 10 + 9 + 6 + 10 + 9 = 80 \text{ хв.}$$

Допоміжний час частина оперативного часу, що витрачається робітником на підготовку об'єкта до технічного складання і відновлення вихідного положення частин об'єкта після закінчення операції: $T_D = \sum_1^m T_{Dj}$, де m - кількість заходів, які не перекриває основний час; T_{Dj} - час виконання кожного заходу.

$$T_D = \sum_1^m T_{Dj} = 2 + 0,5 + 1 + 2 + 1,5 + 2 = 9 \text{ хв}$$

Операційний час (1.10)

$$T_{оп} = T_0 + T_D = \sum_1^n T_{oi} + \sum_1^m T_{Dj} = 80 + 9 = 89 \text{ хв.}$$

Операційним називається час, який іде безпосередньо на виконання складальних робіт одного складального елемента. Крім цього часу, до штучного часу операції входить також час на обслуговування складальної операції $T_{обсл}$ необхідний для того, щоб підтримувати складальне місце і всю застосовувану оснастку, інструмент та апаратуру у належному стані. Час на виконання цих робіт визначають у відсотках від операційного:

$$T_{обсл} = a T_{оп} / 100, \quad (1.11)$$

де a - число відсотків, $a=6-12\%$.

До штучного часу входить також час на періодичний відпочинок: $T_{відп} = v T_{оп} / 100$, де v - частка в відсотках від $T_{оп}$ (залежно від складності складання $v=4-8\%$).

Тоді штучний час складальної операції

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обсл} + T_{відп} = T_{оп} (1 + (a+v)/100) \quad (1.12)$$

$$T_{шт} = 89 (1 + (9+7)/100) = 103,24 \text{ хв.}$$

Щоб визначити норму виробітку:

$$N_{вир} = (T_{зм} - T_{пз}) / T_{шт} \quad (1.13)$$

, де $T_{зм}$ – час робочої зміни,

$T_{пз}$ - підготовчо-завершальний час роботи

$$N_{вир} = (480 - 20) / 103,24 = 4 \text{ вироба.}$$

Підготовчо-завершальний час роботи виділений робітником на один виріб буде дорівнювати: $20/4 = 5$ хв, тоді штучно- калькуляційний час буде дорівнювати:

$$T_{штк} = 103,24 + 5 = 108,24 \text{ хв.}$$

Для розрахунку необхідної кількості робітників розділимо кількість деталей на кількість робочих днів помножених на кількість виробів, виготовлених робітником за зміну:

$$N_{роб} = 2351 / (253 * 5) = 4,43 \approx 4$$

Отже необхідна кількість робітників – 4

1.8 Вибір форми складання

Вибір форми складання залежить від типу випуску, річного і середньо-операційного часу складання.

Річний темп випуску: (1.14)

$$t = \frac{60 * \Phi_p}{N_p};$$

$$t = \frac{60 * 2070}{2351} = 52 \text{ хв.}$$

Φ_p – річний фонд часу;

N_p – річна програма випуску.

Середньо операційний час: (1.15)

$$T_{cp.on} = \frac{\sum_{j=1}^{j=p} \sum_{i=1}^{i=n_j} T_{iuiu}}{\sum_{j=1} n_j}$$

$$T_{cp.on} = 103,24 / 10 = 10.324 \text{ хв.}$$

Якщо $t \gg T_{cp.on}$, тоді вибираємо одиничне виробництво;

$t > T_{cp.on}$, тоді вибираємо дрібносерійне виробництво;

$t = T_{cp.on}$, тоді вибираємо серійне виробництво;

$t < T_{cp.on}$, тоді вибираємо багатосерійне виробництво;

$t \ll T_{cp.on}$, тоді вибираємо масове виробництво.

На основі заданих умов можна зробити вибір організаційної форми складання. Виразувавши темп складання і середньо операційний час вибираємо тип виробництва. В даному випадку це дрібносерійне виробництво. Для дрібносерійного виробництва використовується стаціонарна форма складання, яка виконується на одних і тих самих робочих місцях, без часової залежності між ними, а саме, коли процес складання йде зі складу на склад. Стаціонарна форма складання поділяється на концентровану та диференційовану. Вибором форми є порівняння темпу випуску з циклом випуску одного виробу.

Цикл випуску одного виробу: (1.16)

$$f_1 = \frac{T_1}{K};$$

T_1 - трудомісткість складання одного виробу, хв;

K - кількість задіяних складальників на складання даного виробу

Цикл випуску одного виробу:

$$f_1 = 103,24 / 2 = 51,62$$

Якщо $f < t$, тоді вибираємо концентровану форму складання, яка використовується для дрібносерійного виробництва.

1.9 Розрахунок параметричної точності

1.9.1 Розрахунок валів горизонтального переміщення

У цьому розділі розглядається точність розташування валів горизонтального переміщення і осей екструдера. Призначимо допуски на перпендикулярність і паралельність виходячи з умов експлуатації. Ці розрахунки потрібні для підвищення точності виготовляються моделей на 3D-друк, зменшення зносу втулок, що в свою чергу збільшує термін служби, і для виключення заклинювання втулки з валом.

Розглянемо вали (позиції 63, 64, 65 по специфікації). Для даних валів потрібні помірні зазори, для забезпечення вільного обертання у підшипникаї і для зручної установки шківів. Так як швидкість обертання валів невелика ($v < 150$ рад / с) вибираємо посадку H / f для з'єднання валів зі шківками і направляючими втулками. Посадка H8 / f7 є найбільш часто застосовується, призначаємо на вали допуск по 7 квалітету, розташування поля допуску по f.

Виходить зовнішній діаметр валів з допусками:

$\varnothing 8f7$ (L=365 мм); $\varnothing 8f7$ (L=365 мм); $\varnothing 12f7$ (L=420 мм).

Окрім крутного руху присутній зворотно поступальний переміщення щодо каретки. Для зменшення коефіцієнта тертя і підвищення ККД, для циліндричної поверхні валів розглянутих вузлів призначимо параметр шорсткості в межах Ra 1,6 ... 0,8.

Для інших, невідповідальних і вільних поверхонь, призначимо параметр шорсткості Ra 6,3.

Даний параметр шорсткості дозволяє застосувати калібровані прутки без подальшої обробки по зовнішньому діаметру.

Розглянемо підшипники кареток. Так як для сполучення втулок кареток з валами обрана посадка H8 / f7, то поле допуску внутрішнього діаметра втулки буде H8. Виходить внутрішній діаметр втулки кареток з допуском: $\varnothing 8H8$.

Для зовнішнього діаметру втулок кареток потрібно забезпечити «тугу» посадку, для того що б вирізані деталі з дерева надійно фіксувалися на втулці і при

цьому не руйнувалися. Для забезпечення посадки вищевказаних вимог призначимо Н / т, призначимо допуск по 7 квалітету з цих же міркувань.

Виходить зовнішній діаметр втулки кареток з допуском: $\varnothing 8m7$.

Для інших, невідповідальних і вільних поверхонь призначимо параметр шорсткості Ra 3,2.

Параметр шорсткості внутрішнього діаметра втулки каретки приймемо дорівнює шорсткості вала. Виходить: Ra 1,6.

Розглянемо кільця. Шківи для зубчастих ременів мають збірну конструкцію. Шківи складаються з двох кілець, запресованих на зубчасту втулку з гарантованим натягом, для того, щоб при експлуатації 3D-друк забезпечувалася надійність зазначеного з'єднання, необхідно, щоб гарантований натяг перевищував 20 мкм. З огляду на вище перераховані вимоги, приймаємо посадку Н / ц.

Виходячи з того, що матеріал може зруйнуватися або деформуватися, приймемо для з'єднання кільця і зубчастої втулки посадку Н8 / ц7.

Виходить внутрішній діаметр кілець з допуском: $\varnothing 10,5H8$

Для інших, невідповідальних і вільних поверхонь призначимо параметр шорсткості Ra 3,2.

Запресовування кілець на зубчасті втулки відбувається механічним способом (ударом молотка), так як при натяг, згинаючись, мікронерівності послаблюють міцність з'єднання, для якісного з'єднання призначимо параметр шорсткості Ra 1,6.

Розглянемо зубчасту втулку шківа. Для з'єднання кілець і зубчастої втулки посадки була обрана вище.

Виходить зовнішній діаметр зубчастої втулки з допуском: $\varnothing 10,5u7$.

Внутрішній діаметр зубчастої втулки з'єднується з валом, виходячи з того, що всі з'єднання з валами по посадці Н8 / f7.

Виходить внутрішній діаметр зубчастої втулки з допуском: $\varnothing 8H8$.

Для інших, невідповідальних і вільних поверхонь призначимо параметр шорсткості Ra 3,2.

Параметр шорсткості внутрішнього діаметра зубчастої втулки каретки приймемо рівної шорсткості вала. Виходить: Ra 1,6.

При виготовленні деталей використовувалися пристрої та верстати 110 і 103 аудиторії 16а корпусу НІ ТПУ. Частина складальних і обробних операція даних деталей проводилася самостійно.

Паралельність валів горизонтального переміщення

Вали стикаються з підшипниками кареток, якщо не буде зберігатися зазор між ними, то це призведе до заклинювання. Тому допуск на паралельність валів не повинен перевищувати подвоєного мінімального зазору вала і втулки каретки $S_{в.к} = 0,013$, плюс зазор між віссю екструдера і каретками $S_{о.к.} = 0,7$, отримуємо 0,713 мм.

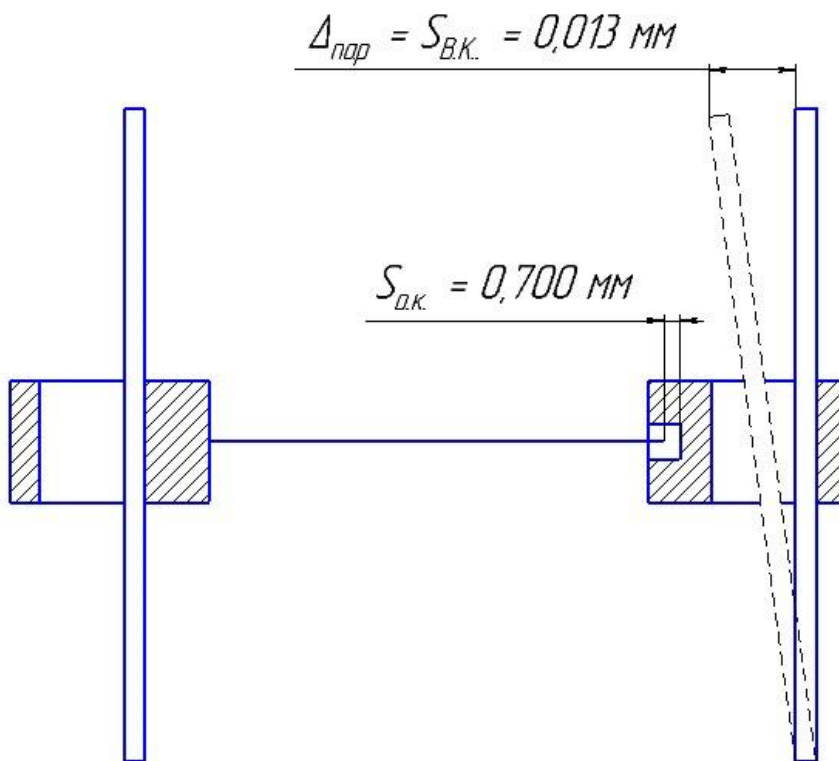


Рис.1.9.1.1 - Розрахункова схема для призначення допуску на відхилення від паралельності валів горизонтального переміщення.

Призначаємо допуск на відхилення від паралельності валів горизонтального переміщення на довжині 240 мм $T_{пар} = 0,7$ мм.

Перпендикулярність валів горизонтального переміщення

Виходячи з зазору в каретках, розрахуємо допуск перпендикулярності валом горизонтального переміщення

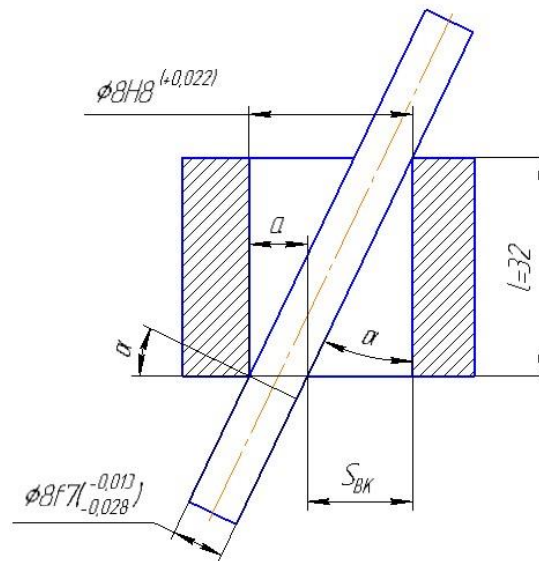


Рис.1.9.1.2- Схема для призначення допуску на відхилення від перпендикулярності валів горизонтального переміщення.

Розрахуємо кут α виходячи з (Рис.1.9.1.2), так як величина a на порядок менше діаметра вала, то їй можна знехтувати:

$$\tan(\alpha) = \frac{S_{BK}}{l}$$

де $S_{BK} = 0,050$ мм - це зазор між валом і втулки каретки; $l = 32$ мм - це довжина втулки каретки.

отримуємо:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{S_{BK}}{l}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.050}{32.000}\right) = 0.09^\circ$$

Знайдемо допустиме відхилення від перпендикулярності валок горизонтального переміщення:

$$\tan(\alpha) = \frac{S_{BK}}{l} = \frac{\Delta_{\text{пер}}}{l_{\text{р.д.}}}$$

де $\Delta_{\text{пер}}$ - значення допуску відхилення від перпендикулярності; $l_{\text{р.д.}} = 240$ мм - це робоча довжина вала

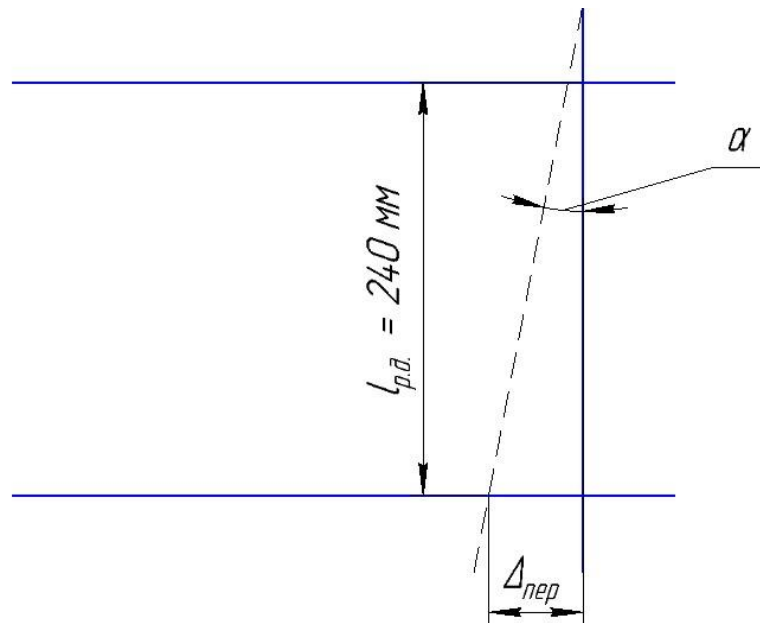


Рис.1.9.1.3 - Розрахункова схема для призначення допуску на відхилення від перпендикулярності валів горизонтального переміщення.

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{S_{BK} * l_{\text{р.д.}}}{l} = \frac{0,050 * 240}{32} = 0,375 \text{ мм.}$$

Призначаємо допуск на відхилення перпендикулярності валів горизонтального переміщення на довжині 240 мм $T_{\text{пер}} = 0,3$ мм.

Перпендикулярність валів горизонтального переміщення і осей екструдера

Відхилення від перпендикулярності валів і осей екструдера залежить від зазору втулки каретки. Так як в попередньому роз'язі був знайдений кут повороту втулки каретки $\alpha = 0,09^\circ$, можна знайти допустиме значення перпендикулярності осей екструдера і валів горизонтального переміщення.

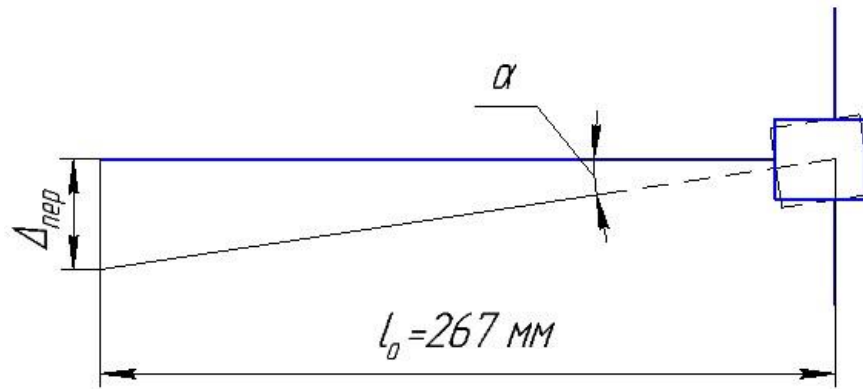


Рис.1.9.1.4 - Розрахункова схема для призначення допуску на відхилення від перпендикулярності валів горизонтального переміщення і осей екструдера.

Виведемо формулу розрахунку допуску на відхилення від перпендикулярності $\Delta_{\text{пер}}$ (див. Рис.1.9.1.4):

$$\tan(\alpha) = \frac{S_{BK}}{l} = \frac{\Delta_{\text{пер}}}{l_0}$$

де $l_0 = 267$ мм - довжина осі екструдера.

$$\Delta_{\text{пер}} = \frac{S_{BK} * l_0}{l} = \frac{0,050 * 267}{32} = 0,417 \text{ мм.}$$

Призначаємо допуск на відхилення перпендикулярності осей екструдера і валів горизонтального переміщення на довжині 267 мм $T_{\text{пер}} = 0,4$ мм.

Конструкторська частина

2.1 Система контролю функціонування

2.1.1 Опис Системи контролю функціонування

Система призначена для забезпечення безперебійної роботи 3д принтера вона включає в себе мікроконтролер та датчики які контролюють різноманітні параметри такі як: подачу філаменту, а саме його наявність та безперервну подачу, веб камеру для віддаленого стеження за процесом друку, дисплей для отримання результатів та клавіатуру для внесення змін. Розміщено 3 кінцевиків, для обмеження руху кареток переміщення. На крокові двигуни встановлені енкадери, які запам'ятовують обертальні рухи двигунів та передають їх останнє положення на дисплей (рис 2.1.1.1).

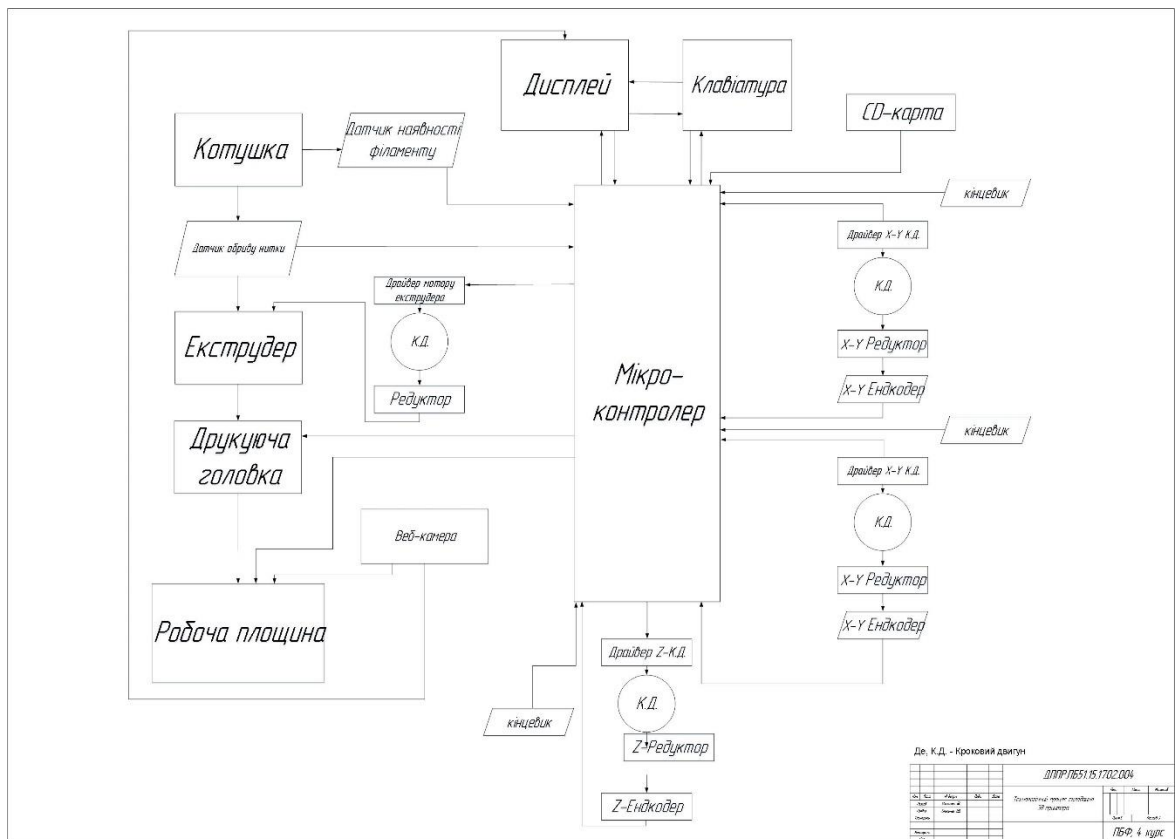


Рис. 2.1.1.1 - Система контролю функціонування

2.1.3 Опис датчиків та допоміжних приладів

Кінцевик - електричний пристрій, що застосовується в системах управління в якості датчика, що формує сигнал при виникненні певної події, як правило, механічному контакті пари рухомих механізмів (рис 2.1.3.1).



Рис. 2.1.3.1 - кінцевик

Основні характеристики:

Великий термін служби (30000000 циклів мінімум);

Комутовані струми 1 мА при 5V постійного струму, 10.1А при 250V змінного струму;

Тип висновків - вушко для пайки;

Тип контакту - перекидний контакт.

Датчик закінчення філаменту або обриву пластика дозволяє автоматично визначити момент закінчення пластикової нитки і поставити 3D друк на паузу. Такий датчик усуває проблеми з передчасним закінчення пластика на бобіні, а так само дозволяє друкувати об'єкти вага яких більше 1 кг (рис 2.1.1.2).

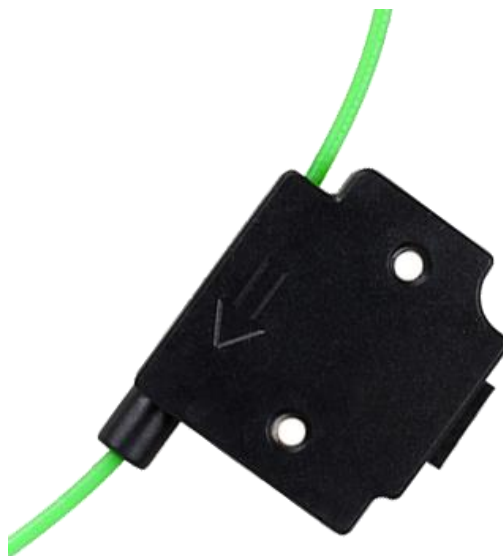


Рис. 2.1.3.2 - Датчик закінчення філаменту

Вебкамера призначена для віддаленого контролю процесу друку, та безпосередньої перевірки результату друку, через дисплей керованого комп'ютера

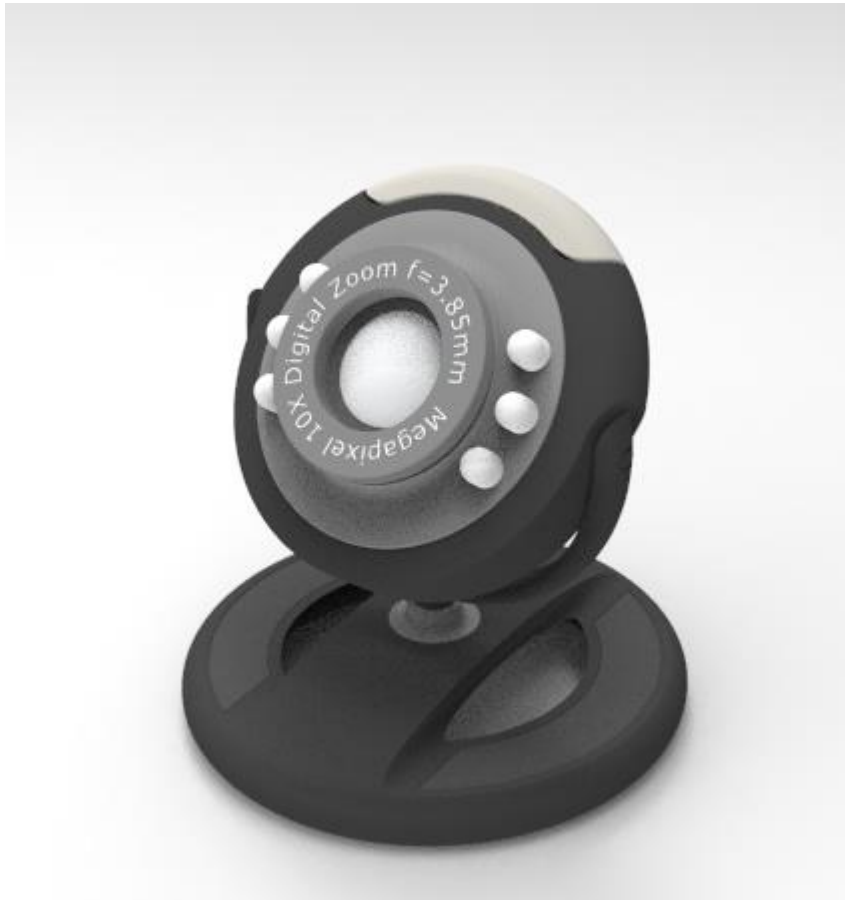


Рис. 2.1.3.3 – веб камера

2.2 Контрольне пристосування системи позиціонування

2.2.1 Опис контрольного пристрою системи позиціонування 3Д принтера

Контрольне пристосування призначене для полегшення позиціонування робочого столу 3д принтера та представлено на (рис. 2.2.1.1).

2.2.2 Принцип роботи контрольного пристосування

Перед початком роботи, встановити кріплення датчику на кріплення екструдера (поз. 9) затягнути гвинтом M5x8 (поз. 3) та гвинтами M3x30 (поз. 51) попередньо відкрутивши його та знявши по дві прокладки (поз. 59). Установити індуктивний датчик (поз. 4) та закріпити його гайками (поз. 2).

Принцип роботи контрольного пристосування полягає у підключенні 3д принтера, та за допомогою допоміжної програми позиціонування блоку екструдера по робочій площині 3д принтера.

Отримання результатів починається з позиціонування екструдера у нульову точку робочої площини, та переміщення датчика еквідистантно крайнім параметрам столу. Результати переміщення виводяться на екран, та зображують величину відхилення від еталонного результату, після чого в ручному режимі виконується позиціонування робочого столу підкручуючи гайку метелик (поз. 48)

Після виконання налаштування зняти датчик та кріплення у зворотному порядку відповідно до принципу встановлення.

2.2.3 Опис індуктивного датчика

Індуктивний датчик - безконтактний датчик, призначений для контролю положення об'єктів з металу (до інших матеріалів нечутливий)



Рис. 2.2.3.1 - Індуктивний датчик

Схема підключення - PNP Замикає

Відтворюваність - 5%

Гістерезис - не більше 15%

Ступінь захисту - IP67

Діапазон робочих температур - від -25 за Цельсієм до +70 за Цельсієм

Відстань спрацьовування - 1,5 мм

Гарантований інтервал спрацьовування - 0 ... 1,2 мм

Напруга харчування - 10 ... 30 В

Струм навантаження максимальний - 300 мА

Падіння напруги - не більше 1,5 В

Частота спрацьовування максимальна - 1500 Гц

Струм - не більше 8,0 / 25,0 мА

Захист від напруги зворотної полярності - є

Спосіб підключення - кабель 3x0,12 мм²

Матеріал корпусу – латунь

2.3 Термобокс для філаменту

2.3.1 Опис термобоксу

Більшість, хто стикався з 3D друком, знають, що майже всі пластики, використуваних у пресі, дуже гігроскопічні. Набір вологи в процесі зберігання може вилитися в ряд проблем при друці. таких як засмічення сопла, нерівність зовнішньої поверхні і розшарування.

Щоб позбутися від цієї проблеми, було запропоновано розробити пристрій, який працює з філаментом будь-якого діаметру і з будь-якого пластику. Пристрій підтримує нагрів від 35 до 70 ° С і оснащено вентилятором, відводить випаровується конденсат.

Установку можна використовувати в двох режимах. Завдяки наявності обертального механізму для катушки, вона може сушити філамент прямо в процесі друку. Або, якщо потрібно більш якісна і довга сушка, можна просто сушити в ній дві катушки філаменту одночасно.

3.2 Принцип роботи контрольного пристосування

Для отримання кращої якості віддрукованих деталей філамент попередньо підготовується у спеціальній камері. У яку поміщається дві катушки з пластиком, попередньо нагріваються до робочої температури +30 градусів, за допомогою нагрівача який знаходиться у середині боксу, лишня волога з пластику випаровується, та за допомогою кулера виводиться з робочої площини. Пластик подається нагрітим, що покращує якості друкованих деталей.

2.4 Проектування ділянки цеху складання «3Д принтера»

2.4.1 Опис ділянки цеху

Планування ділянки цеху складання 3Д принтера представлено в Додатку А, на кресленні ДПБР.ПБ51.15.1702.009.

Вона містить 4 різних робочих місць для складання виробу, склад великогабаритних деталей, склад малогабаритних деталей, ділянку контролю позиціонування робочого столу, ділянку для контролю функціонування 3Д принтера.

На ділянці складання виробів призначене місце для працівника, стелажа складальних одиниць, столу ВТК, стелажа інструментів.

2.4.2 Площа виробничих приміщень

Площа цеху за своїм призначенням підрозділяється на основну, а саме заготовчу, обробляючу, складальну, допоміжну і службово-побутову.

Складальними є цехи вузловий і загальної збірки з випробувальними станціями і зварювально-складальні цехи.

Виробнича площа складального ділянки визначається на питомаю виробничої площі $S_{вр}$, що припадає на одне робоче місце за нормативами виконаних проектів в галузі

До допоміжної площі $S^{ДОП}$ відноситься територія цеху, зайнята проходами, проїздами, обладнанням, господарським інвентарем.

У розрахунках, враховується тільки виробнича і допоміжна площа. Сума виробничої і допоміжної площі це загальна технологічна площа цеху $S^Ц = S_{вр} + S^{ДОП}$.

Точне значення площі визначається шляхом розміщення всього обладнання, робочих місць та інших пристроїв на плані цеху або корпусу з урахуванням установлених норм розривів між устаткуванням і ширини проходів і проїздів.

Щоб визначити необхідну площу ділянки складальних місць цеху потрібно:

$$S^{BP} = \sum_{i=1}^N S_{пит}^{BP};$$

Де $S_{пит}^{BP}$ – питома виробнича площа на i -у одиницю робочого місця,

N - кількість робочих місць на ділянці цеху.

Так як для складання середньо габаритних виробів площа, яка виділяється для складальника дорівнює $10 \div 14 \text{ м}^2$ то

$$S^{BP} = \sum_{i=1}^5 11 = 55 \text{ м}^2;$$

Площа приміщень для контролю варіюється розміщенням в ній обладнанням і дорівнює 25 м^2 для позиціонування робочого столу, та відпрацювання функціонування принтера.

$S_{\text{КОНТР}}$ - загальна площа контрольного відділення, яку приймаємо рівною 12 м^2 . У місці контрольного приміщення знаходяться стелажами зберігання продукту та допоміжних інструментів, термбокс для філаменту, та різноманітні датчики.

$S_{\text{СКЛ}}$ - загальна площа цехових складів заготовок, в якій знаходяться катушки філаменту, та алюмінієві профілі, склад електроніки та ін.

Загальні висновки по проекту

В даному дипломному проекті бакалавра було розглянуто «3Д принтер».

В технологічній частині проекту було описано FDM – технологію отримання виробів, описано основні матеріали, які застосовуються при використанні даної технології. Вказано основні характеристики 3Д принтера. Розраховано комплексний показник технологічності складання який виявився задовільним, і показав що технологічність добра. Було виконано розрахунок Технологічний показників, а саме : форма складання, програма випуску, які дали результати: серійний тип виробництва та концентрована форма складання. Розроблено технологічну та структурну схеми складання 3Д принтера, також в системі автоматизованого проектування АДЕМ був виконаний технологічний процес складання виробу, який представлений у вигляді кат. Був виконаний параметричний розрахунок, а саме установки валів у підшипники

В конструкторській частині було описано систему контролю функціонування. Розроблено пристосування для позиціонування робочого столу 3Д принтеру. Та запропоновано термобокс для філаменту, який суттєво покращує якість отримуваних деталей при процесі друку. Також було спроектовано ділянку цеху для складання 3д принтера, на основі всіх отриманих розрахунків у дипломному проєкті, розмахувано додаткові коефіцієнти та виконано креслення ділянки, яка відповідає маршруту складання виробу

Список використаних джерел

1. Мастенко І.В., Матвієнко С.М. Пост-обробка деталей після FDM-друку // Збірник статей «Погляд у майбутнє приладобудування». – К.: НТУУ «КПІ» 2018. – С. 221-224.
2. Satyanarayana, B., & Prakash, K. J. (2015). Component Replication Using 3D Printing Technology. *Procedia Materials Science*, 10, 263-269. doi:10.1016/j.mspro.2015.06.049
3. Стельмах Н. В. Формування моделі опису структури складального виробу в приладобудуванні / Н. В. Стельмах. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2013. – №1. – С. 106–110.
4. Jacobs, Paul Francis (1 January 1992). *Rapid Prototyping & Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography*. Society of Manufacturing Engineers. ISBN 978-0-87263-425-1.
5. Using 3D printing for getting composite prototypes/Ihor Mastenko, Roman Mastenko, Nataliia Stelmakh// XX Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej «Materiały i Technologie XXI wiek».-2018-p.13-14. Режим доступу: http://lightweight.pl/wp-content/uploads/2018/10/Lightweight_special_issue.pdf
6. Румбешта В.А. Основи технології складання приладів. - К. : ІДСО, 1993.- 303 с
7. Остафьев В.А., Румбешта В.А., и др. Основы технологической подготовки производства. - Киев : Вища школа, 1977. –
8. Grigory S. Tymchik, Nataliia V. Stelmakh, Anatoliy S. Vasyura, Waldemar Wójcik, Kuanysh Muslimov, "Automated generation of the design solution of the assembly in instrument engineering," Proc. SPIE 10808, 1080828 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501560
9. "Additive manufacturing — General Principles — Overview of process categories and feedstock". ISO/ASTM International Standard (17296–2:2015(E)). 2015.

10. Tymrak BM, Kreiger M, Pearce JM (2014) Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. *Mater Des* 58:242–246
11. Eppley, B. L.; Sadove, A. M. (1 November 1998). "Computer-generated patient models for reconstruction of cranial and facial deformities". *J Craniofac Surg.* 9 (6): 548–556.
12. Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., & Pearce, J. M. (2015). "Open-source 3-D printing Technologies for education: Bringing Additive Manufacturing to the Classroom." *Journal of Visual Languages & Computing.*
13. Zopf, David A.; Hollister, Scott J.; Nelson, Marc E.; Ohye, Richard G.; Green, Glenn E. (2013). "Bioresorbable Airway Splint Created with a Three-Dimensional Printer". *New England Journal of Medicine.* 368 (21): 2043–5.

Додаток А

Додаток Б

Додаток В

Додаток Г