

6. Рошин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА. М.: Высшая школа, 1981.
7. Системи підтримки прийняття рішень. URL: <http://ubooks.com.ua/books/00013/inx13.php> (дата звернення 15.11.2021).

Науковий керівник: Безкорвайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 658.512

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВИРОБУ НА ОСНОВІ СКЛАДАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Шевченко М. П., Здорик Н. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: mykola.shevchenko1@nure.ua, nikita.zdoryk@nure.ua

Анотація: Сучасне приладобудування характеризується широким спектром проектних робіт, складністю конструкції, стислими термінами виконання замовлень, посиленням конкурентної боротьби на ринку. Все це змушує проводити роботи на сучасному технічному рівні, тому конструювання, аналіз, технологічна підготовка виробництва здійснюється з використанням інтегрованих систем автоматизованого проектування (САПР). Завдання впровадження САПР полягає не в тому, щоб скоротити терміни і витрати при проектуванні і технологічній підготовці виробництва, а також підвищити якість виробів. На стадії проектування важливо, по можливості, скоротити число ітерацій і викликаних ними переробок конструкції, відмовитися від частини натурних випробувань і макетування. На стадії технологічної підготовки комп'ютерна технологія повинна забезпечити скорочення термінів і витрат за рахунок можливості створювати оснащення, не чекаючи повного закінчення процесу проектування, за рахунок виключення проміжних носіїв геометрії і ручного доведення, за рахунок підвищення точності і забезпечення взаємозамінності. Таких результатів можна досягти тільки в тому випадку, коли система забезпечує взаємодію всіх учасників в єдиному, організованому, доступному і достовірному інформаційному просторі, коли система дає можливість працювати в зовсім новому режимі комп'ютерної технології.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, життєвий цикл виробу, прототипування, 3D-модель

ANALYSIS OF METHODS OF IMPROVING PRODUCT TECHNOLOGY ON THE BASIS OF ASSEMBLY-ORIENTED DESIGN

M. Shevchenko, N. Zdoryk

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: mykola.shevchenko1@nure.ua, nikita.zdoryk@nure.ua

Annotation: Modern instrumentation is characterized by a wide range of design work, complexity of construction, short deadlines for orders, increasing competition in the market. All this forces to carry out works at the modern technical level, therefore designing, the analysis, technological preparation of production is carried out with use of integrated systems of the automated designing (CAD). The task of implementing CAD is not to reduce the time and cost of design and technological preparation of production, as well as improve the quality of products. At the design stage, it is important, if possible, to reduce the number of iterations and the resulting

redesigns of the structure, to abandon part of the field tests and layout. At the stage of technological preparation, computer technology should reduce time and costs by being able to create equipment without waiting for the complete completion of the design process, by eliminating intermediate carriers of geometry and manual adjustment, by increasing accuracy and interchangeability. Such results can be achieved only if the system ensures the interaction of all participants in a single, organized, accessible and reliable information space, when the system allows you to work in a completely new mode of computer technology.

Key words: computer-aided design systems, product life cycle, prototyping, 3D model

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Створення деталей радіоелектронного приладобудування – тривалий процес проектування, що складається з декількох стадій і послідовних наближень до остаточного варіанту, дорогий цикл технологічної підготовки виробництва. У цьому процесі бере участь безліч різних фахівців – керівників, конструкторів, технологів. І завдання впровадження комп'ютерної технології проектування виробництва полягає не в тому, щоб скоротити терміни і витрати при проектуванні і технологічній підготовці виробництва, а також і підвищити якість виробів [1, 2].

На сьогоднішній день, одним з найбільш ефективних інструментів скорочення затрат, пов'язаних із складальним виробництвом, є використання методів підвищення технологічності виробу на основі складально-орієнтованого проектування його конструкції.

Наразі методи аналізу конструкцій здебільшого існують у вигляді автономних процедур, які не повною мірою використовують існуючі моделі складального виробу і процесів складання і є орієнтованими на отримання початкових і проміжних даних від людини, що не відповідає сучасній концепції автоматизації та інтеграції засобів підтримки життєвого циклу виробу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сучасні підприємства не зможуть конкурувати на світовому ринку, якщо вони не будуть випускати нову продукцію високої якості, низької вартості і за короткий термін. Тому вони намагаються використовувати широкі можливості пам'яті комп'ютерів, їх високу швидкість і можливості зручного графічного інтерфейсу для того, щоб автоматизувати і пов'язати між собою задачі проектування і виробництва, які раніше були досить складними, тривалими і зовсім не пов'язані між собою. Для цієї мети широко використовуються технології автоматизованого проектування (computer-aided design – CAD), автоматизованого виробництва (computer-aided manufacturing – CAM) і автоматизованого конструювання чи розрахунків (computer-aided engineering – CAE).

Сучасні САПР дозволяють контролювати та керувати усіма етапами життєвого циклу виробу (рис. 1) [3].

Для підвищення ефективності технологічних процесів виробництва деталей радіоелектронного приладобудування часто застосовують високопродуктивне допоміжне обладнання [4] для скорочення часу складання. Це є достатньо дорогим методом, адже тип і кількість необхідного обладнання залежить від конструктивності кожного виробу [5].

Для забезпечення високої продуктивності складання, автоматизовані жорстко блоковані лінії доцільно застосовувати при числі складальних позицій не більше 12 ... 16. При більшій кількості позицій рекомендують створювати між операційні доробки або використовувати несинхронний транспорт, забезпечуючи кожній позиції незалежну роботу зі своїм тактом [5].

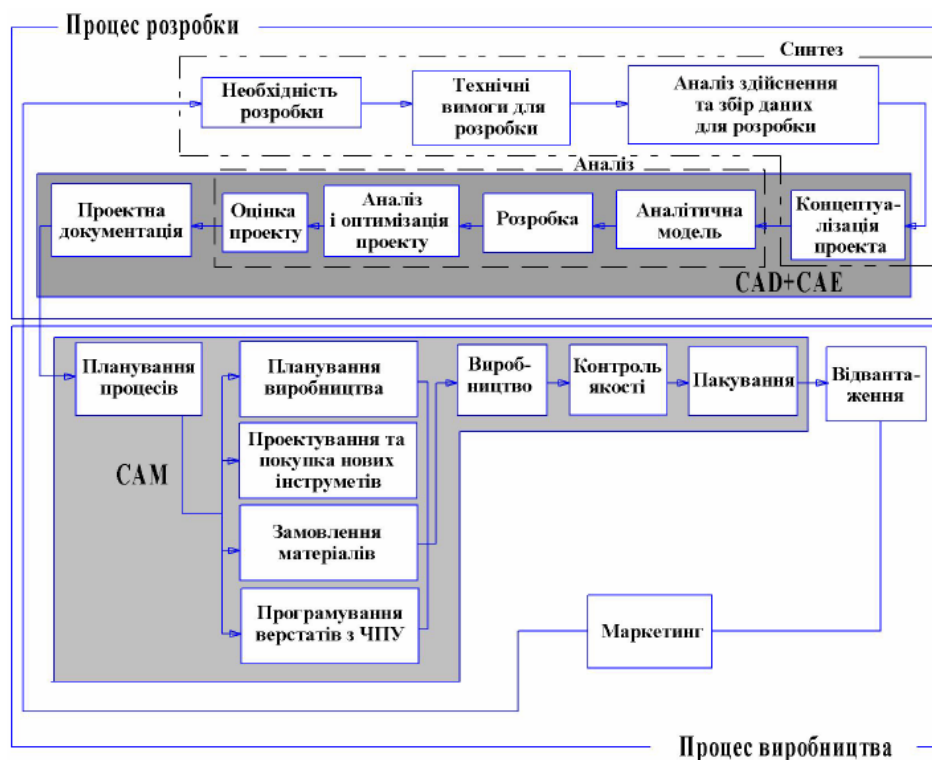


Рисунок 1 – Життєвий цикл виробу

Тому одним з головних напрямків відпрацювання конструкції виробу на технологічність є її спрощення за рахунок скорочення кількості деталей, заміни з'єднань, важких у виконанні для механізованого складання. Конструкція виробу повинна передбачати зручність її збирання та розбирання (ремонтпридатність). Для цього, перш за все вона повинна розділятися на складові частини (складальні одиниці), збірку яку можна зробити відокремленою і самостійно на окремих складальних ділянках або роботизованих складальних комплексах. Якщо механізми виробу є одночасними і його складовими частинами, то перед подачею на загальну збірку вони проходять контроль і випробування, що усуває появу дефектів на загальній збірці і підвищує якість виробу. Використання уніфікованих стандартних деталей і складових частин не тільки скорочує трудомісткість і вартість їх виготовлення, а й веде до скорочення номенклатури складального обладнання та інструменту. Так, число автоматичних складальних позицій, їх конструктивне виконання і складність залежить від уніфікації елементів виробу, що збирається [5].

Якщо мова йде про незалежне з'єднаннях, яке можна виконувати в будь-якій послідовності, то коефіцієнт повторюваності характеризує можливість застосування багатопшпіндельних складальних позицій. При цьому число останніх буде залежати від раціонального розташування цих з'єднань у виробі: відстань між ними має дорівнювати або більше мінімального допустимого відстані між осями виконавчих складальних механізмів.

Якщо складальний виріб має повторювані залежні з'єднання, що виконуються в певній послідовності і окремо в часі, так як між ними встановлюються інші деталі, то коефіцієнт повторюваності характеризує число однакових складальних позицій в лінії. Витрати на підготовку виробництва і проектування таких позицій скорочується [4, 5].

У роботизованих складальних комплексах коефіцієнт повторюваності характеризує скорочення типорозмірів захватних подають пристроїв, виконавчих механізмів і часу на їх заміну.

Застосування уніфікованих елементів і складових частин конструкції дозволяє застосовувати типові стандартні складальні обладнання, вартість якого набагато нижче.

При розробці оригінального складального автоматичного обладнання витрати на його проектування, виготовлення дослідних зразків і налагодження зростає в 1,8 ... 2,0 рази.

Для досягнення необхідної точності взаємного положення елементів виробу, що збирається слід поєднувати складальні бази з технологічними і вимірювальними базами. Базова деталь виробу повинна мати технологічну базу, що забезпечує достатню стійкість зібраного об'єкта. Вкрай бажаним для автоматичного складального процесу є зміна технологічних баз виробу, що збирається, так як це вимагає не тільки кантування зібраного об'єкта, а й часто створення нових складальних пристосувань і розчленування лінії на ділянки зі своїми транспортними системами і приводними станціями. Це не тільки збільшує вартість складальних робіт, але і призводить до зниження точності складання [4].

Для дотримання принципу взаємозамінності доцільно уникати багатоланкових розмірних ланцюгів, які звужують допуски на розміри складових ланок. Якщо скоротити число ланок неможливо, то в конструкції виробу слід передбачити жорсткий або регульований компенсатор. В цьому випадку необхідну точність вихідного (замикає) ланки легко забезпечити побором або приганянням жорсткого компенсатора або установкою на необхідний розмір регульованого компенсатора. При автоматичному виконанні складання виробу і його складових частин необхідно, щоб точність замикаючої ланки складальної розмірної ланцюга забезпечувалася методом повної взаємозамінності. Виконання пригоночних робіт, як правило, неприпустимо. Проведення регульовальних робіт, розборок і повторних збірок вимагає ручних операцій і знижує рівень автоматизації збирання.

З'єднання, що виконуються методом групової взаємозамінності (селективна складання) автоматично здійснювати можна, але зі збільшенням капітальних витрат на 10 ... 15%, так як потрібно 100% -ний контроль поверхонь, що сполучаються деталей, що збираються. Для цього складальні лінії необхідно оснастити контрольними автоматами, а позиції – додатковими вібробункерами і подають пристроями з системою адресування.

У випадках, коли за умовами складання необхідно забезпечити певний і єдино можливий стан зібраних елементів у виробі, передбачають установчі позначки, контрольні штифти, несиметричне розміщення кріпильних деталей. Для розбирання виробу при його обслуговуванні та ремонті необхідно передбачити зручне застосування знімачів, різьбові отвори для віджимних гвинтів, рим-болти і виступи для захоплення і підйому важких деталей. При конструюванні виробу необхідно забезпечити можливість зручного підведення високопродуктивних механізованих і автоматизованих складальних інструментів до місця сполучення деталей.

При виконанні з'єднань з зазором і натягом, а також різьбових з'єднань необхідно мати західні фаски на торцях поверхонь, що сполучаються, а також напрямні елементи (пояски і розточення) для поліпшення умов збирання. Наявність фасок і напрямних елементів на торцях поверхонь деталей дозволяє за допомогою спеціальних складальних виконавчих механізмів і пристосувань компенсувати наявні на складальній позиції похибки. Похибки взаємного положення поверхонь, що сполучаються можуть бути лінійні і кутові похибки. Це істотно підвищує рівень механізації і автоматизації складальних процесів.

При конструюванні виробів радіоелектронного приладобудування, мехатронних пристроїв або складних інтегрованих систем, часто створюються елементи системи, які в загальному випадку є базовими і повторюваними від проекту до проекту, але, незважаючи на це, щоразу розробникам доводиться їх реалізувати заново [5]. Все це не тільки забере час, але й відволікає увагу від функціональної частини пристрою. Саме з цієї причини постійно здійснюється пошук рішень для конструктора, що дозволяє спростити завдання створення прототипів технічних пристроїв з електронною та програмною складовою [5].

На сьогоднішній день налагодження будь-якого виробництва потребує нових підходів, врахування додаткових факторів при виборі обладнання та технологій. Так, крім звичних

показників продуктивності, якості та безпеки, враховуються додаткові вимоги до оптимізації виробництва з точки зору енергоефективності та екологічності. Складно-профільні об'ємні вироби, до яких відносяться захватні пристрої маніпуляторів мобільних роботів, характеризуються не тільки складністю рельєфу окремих елементів цих виробів, а й наявністю найрізноманітніших за формою і розмірами внутрішніх каналів, переходів, з'єднань і т.п. Їх виготовлення в даний час базується на створенні прототипів (прототипуванні). Прототипи, зазвичай, реалізують тільки частину потрібної функціональності, або не відповідають усім вимогам до кінцевого виробу, щоб прискорити процес їх створення. Використання прототипів дозволяє, по-перше, виявити можливі недоліки та виправити їх на ранніх стадіях розробки, а по-друге, скорегувати подальші плани розробки, в залежності від змін у вимогах проекту, які можуть бути сформульовані на основі випробувань прототипу. При такому підході розробка ведеться ітеративно, що додає гнучкості процесу. Загалом це пришвидшує цикл розробки кінцевого продукту та дозволяє зменшити час потрібний для завершення проекту, що є вигідним при дрібносерійному виробництві та виробництві у високо конкурентних галузях промисловості.

Технології прототипування передбачають вирішення цілого ряду завдань із передачі (експорту) цифрової, конструкторської та технологічної документації на етапах цифрового виробництва. Питання забезпечення сумісності форматів даних у рамках єдиного інформаційного простору підприємства є першочерговими [6]. У будь-якому виробництві основними факторами є продуктивність, вартість та якість продукції.

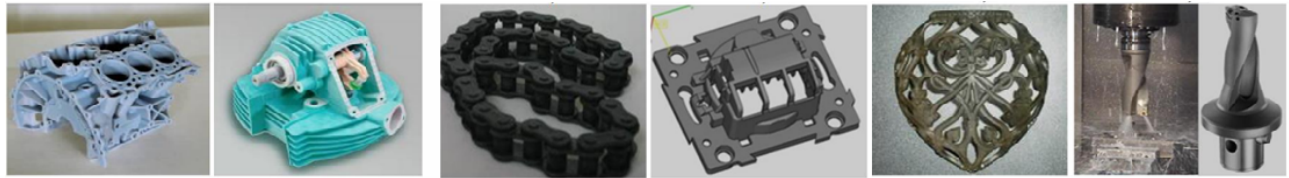
Аналіз складних конструкцій показує, що в загальному випадку, незалежно від функціонального призначення, їх можна класифікувати на цілісні і складові. Складні вироби складаються з окремих елементів, які з'єднуються між собою, утворюючи нерухомі і рухомі з'єднання. Загальним для обох видів з'єднань є те, що вони складаються з окремих елементів, кожен з яких має свій профіль.

Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє в залежності від серійності випуску, матеріалу і конструкції виробу, технологічних можливостей виробника вибрати той чи інший метод виготовлення складно-фасонних об'ємних виробів.

Основними методами отримання складно-профільних об'ємних виробів або їх заготовок є:

- лиття;
- штампування;
- пресування (методи порошкової металургії);
- швидке прототипування;
- швидке виробництво;
- механічна обробка різанням на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

У кожного з наведених методів існують різні способи виготовлення, які, головним чином, визначаються видом обладнання, на якому виготовляється виріб (заготовок). Як правило, для отримання виробу з регламентованої точністю, на початку виготовляють одним з розглянутих методів фасонну об'ємну заготовку, яку наступною механічною обробкою на верстатах з ЧПУ перетвореної в готовий виріб (рис. 2, е, г). Якщо виріб складений, то потрібно подальша збірка окремих елементів (рис. 2, в, е). Вироби, де точність не регламентована (рис. 2, д), теоретично можна виготовляти будь-яким з розглянутих методів. Вибір методу залежить від конструкції виробу, програми випуску, тривалості виробництва виробу і технологічних можливостей виробника. Аналіз особливостей розглянутих методів виготовлення показує, що основою для отримання складно-профільних об'ємних виробів будь-яким методом є їх 3D-модель [7].



а) – блок циліндру; б) – гідрообладнання; в) – цеп; г) – корпус; д) – ажурний виріб; е) – ріжучий інструмент

Рисунок 2 – Приклад складних об'ємних виробів [7]

Технології швидкого прототипування в основі мають фізичні моделі, які будуються за даними тривимірного комп'ютерного моделювання (CAD). Ці моделі, в свою чергу, можуть створюватися безпосередньо в пакетах тривимірного моделювання, а також за даними комп'ютерної томографії (СТ), магнітно-резонансного сканування (MRI), за результатами вимірювань на координатновимірювальних машинах. Тривимірною комп'ютерна модель, перетворена у формат STL (стандартний формат, використовуваний усіма типами установок швидкого прототипування), спочатку «розрізається» комп'ютером на тонкі площини поперечних перерізів (рис. 3). Ці перетини надсилаються комп'ютером на установку швидкого прототипування, яка пошарово будує деталь. Геометрія кожного шару визначається формою площини відповідного перетину створеного комп'ютером. Усі наступні шари скріплюються з поверхнею попереднього. Цей процес повторюється до завершення побудови [8].

Метою підходу швидкого прототипування є створення прототипів нових виробів на ранніх етапах розробки. Прототипи, зазвичай, реалізують тільки частину потрібної функціональності, або не відповідають усім вимогам до кінцевого виробу, щоб прискорити процес їх створення. Використання прототипів дозволяє, по-перше, виявити можливі недоліки та виправити їх на ранніх стадіях розробки, а по-друге, скорегувати подальші плани розробки в залежності від змін у вимогах проекту, які можуть бути сформульовані на основі випробувань прототипу. При такому підході розробка ведеться ітеративно, що додає гнучкості процесу. Загалом це пришвидшує цикл розробки кінцевого продукту та дозволяє зменшити час потрібний для завершення проекту, що є вигідним при дрібносерійному виробництві та виробництві у високо конкурентних галузях промисловості. Різницю між традиційним підходом та підходом з використанням швидкого прототипування можна побачити на рисунку 3 [9].

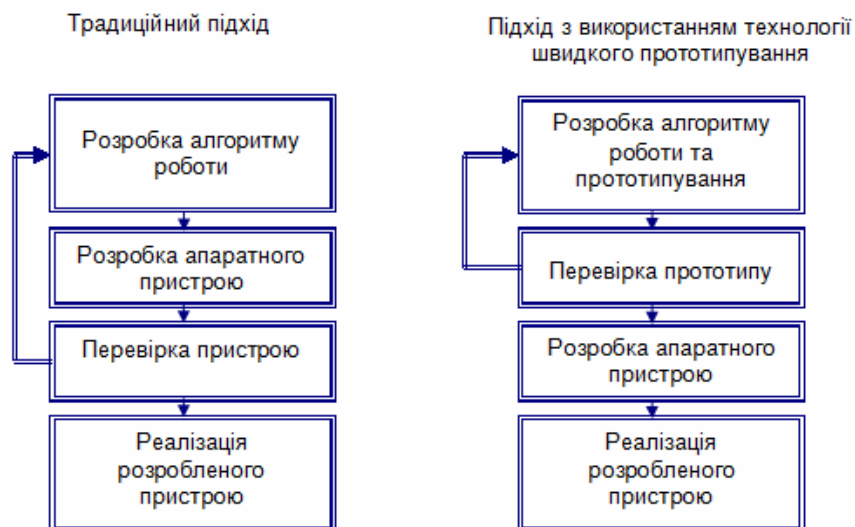


Рисунок 3 – Схеми традиційного підходу та підходу з використанням швидкого прототипування [9]

Сучасні препроцесори почали дуже ефективно працювати з форматом STL як вхідною геометрією. Препроцесор створює нову сітку на геометрії STL на основі параметрів сітки, визначених калькулятором. Спочатку створюється поверхнева сітка, а потім – об’ємна. Цей алгоритм працює надійно з правильно підготовленим файлом STL. Більшість сучасних систем САПР автоматично створюють файли STL з твердої геометрії.

Тривимірні тверді дані перетворюються на багатогранну сітку трикутників і зберігаються у файлі STL. Моделі із занадто низькою або високою роздільною здатністю можуть спричинити проблеми з 3D-друком і призвести до несподіваних результатів.

Так, наприклад, створений файл STL з низькою роздільною здатністю не надасть 3D-моделі необхідної якості поверхні, а отже, результат друку буде незадовільним. Файл з такою роздільною здатністю буде «великим» за розміром, що не дозволить його відкрити на етапі підготовки до друку, а такий надзвичайний рівень деталізації не дозволить 3D-принтеру роздрукувати нашу модель.

Однак, якщо потрібно отримати дуже детальний результат, і особливо з малими розмірами, то доведеться підбирати параметри наближення моделі з урахуванням особливостей технологічного обладнання (діаметр сопла друкуючої головки, товщина шару, точність позиціонування).

На рис. 4 схематично показано повний життєвий цикл виготовлення моделі на 3D-принтері.

Даний цикл передбачає наступні етапи створення кінцевого продукту [9–11]:

1. Створення базової концепції виробу.

2. Підготовка CAD-моделі (computer-aided design – комп’ютерна підтримка проектування), тобто створення електронної (цифрової) конструкторської та технологічної документації на спроектований виріб.

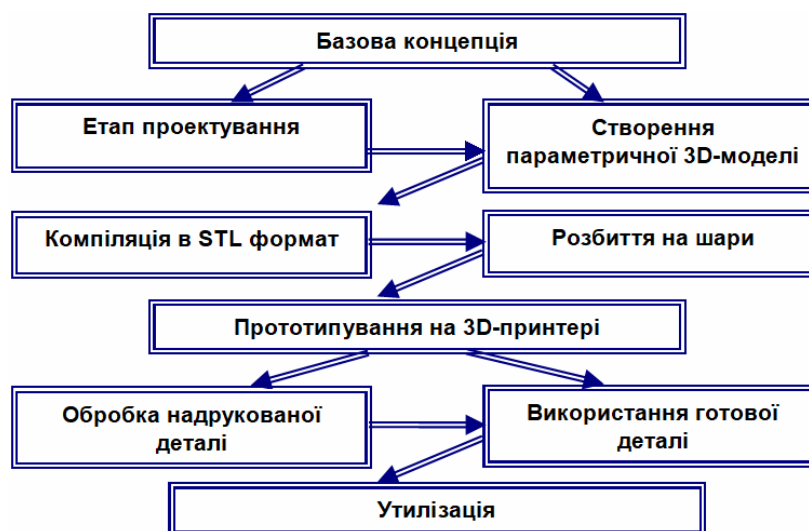
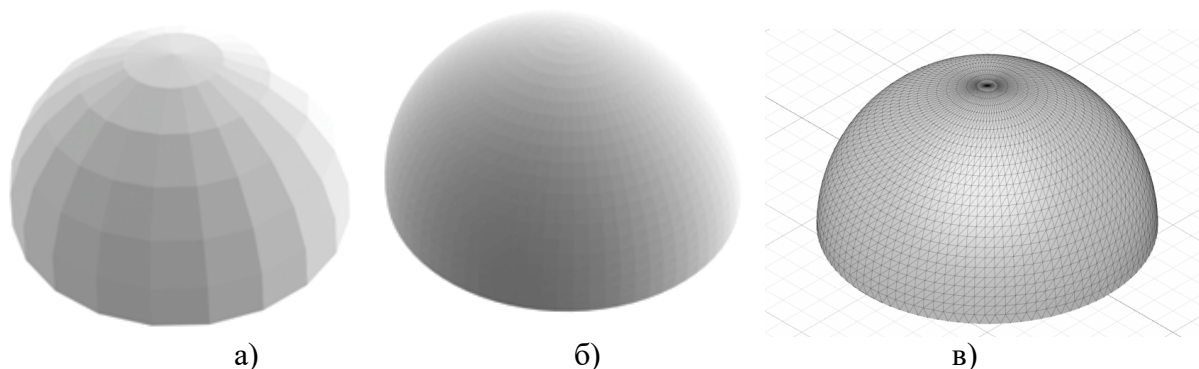


Рисунок 4 – Етапи створення моделі

3. Створення STL-файлу (stereo lithography – стереозображення), тобто отримання файлу в форматі, що використовується для зберігання об’ємних тривимірних моделей.

Питання передачі інформації про деталі в системи проектування керуючих програм для верстатів зі ЧПУ досить повно досліджені й описані, проблеми з передачею інформації в цьому випадку не виникає. Передача геометричної інформації здійснюється за допомогою обмінних файлових форматів (IGES, STEP, STL). Формат *.STL є основним для технологічного процесу друку на 3D-принтерах. Особливістю даного формату є розбиття геометрії цифрової моделі на модель, яка складається з набору рівносторонніх трикутників. Кількість трикутників залежить від вибраного CAD продукту (рис. 5).



а) КОМПАС б) Solid Works, в) Fusion 360
Рисунок 5 – Представлення цифрових моделей в форматі STL

Аналіз рисунку 5 показав що препроцес у програмних продуктів різний. У системи Fusion 360 або Solid Works є можливість отримати достатньо дрібну сітку трикутників, ніж в системі КОМПАС.

4. *Розділення на шари* – віртуальне розділення виробу на шари в контурних межах проектованого виробу.

3D-принтер повністю повторює форму кінцевого продукту з формату *.STL, тому значення шорсткості в зразка рис. 5, в буде значно вищою [9–11]. Після запуску спеціальною програмою файлу в форматі .STL, вона ділить модель на шари (слайси) і розписує їх на G-code.

G-код є структурою і синтаксис написання команд для обробного верстата. G-код має міжнародну базову структурну основу, затверджену американськими та європейськими системами стандартизації. Однак існує безліч специфічних доповнень і модифікацій, які локально використовують виробники верстатів і великі корпорації, що випускають обладнання.

Щороку з'являються нові, а існуючі дуже швидко удосконалюються, інтуїтивно зрозумілі можливості редагування G -коду, прості способи редагування поверхневих об'єктів, інструменти наочного управління безпосередніми функціями друку.

5. *3D-друк*, який власно передбачає фізичне створення виробу на 3D-принтері на основі попередньо створених цифрових моделей.

6. *Фінішна обробка* для надання виробу необхідних якостей, властивостей чи зовнішнього виду, що передбачає можливу абразивну, хімічну, фізичну, теплову, декоративну чи іншу обробку.

7. *Отримання готового виробу та активне використання.*

8. *Утилізація деталі.*

ВИСНОВКИ. Незважаючи на велику кількість досліджень, більш ефективним методом скорочення затрат на складальне виробництво, залишається створення нових конструкцій в яких враховано вимоги і обмеження до процесів складання без зниження якості та функціональності виробу. Термін «технологічність» останнім часом, з точки зору процесів обробки, змінив свій сенс з появою високотехнологічного обладнання з ЧПК, 3D друку, можливістю використання нових матеріалів, різальних інструментів, тому для процесу складання він стає більш актуальним. Для розробки конструкцій здатних проектувати цифрові 3D-моделі будь-якої складності існує велика кількість САД систем, але кожна з них має певні недоліки, які впливають на якість поверхні і досягнуту геометричну точність прототипу.

Недоліком існуючих методів є неповне і неформалізоване представлення обмежень на інтеграцію деталей. Для усунення даного недоліку, у роботі, необхідно розробити математичну модель декомпозиції складального креслення на конструкторсько-технологічні елементи, що дозволяє скоротити трудомісткість проектування 3D-моделі та

експериментально підтвердити правильність розробленої програми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи виробництва електронних апаратів / Невлюдов І.Ш. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2005. 598 с.
2. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва. Невлюдов І.Ш., Бережна М.А. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2007. с. 368
3. Основи САПР: технічна підготовка виробництва: Навч. посібник / Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В., Мілютіна С.С. Київ: НАУ. 2014. 360 с.
4. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник. Кривий Ріг: КК НАУ. 2017. 444 с.
5. Стельмах Н. В. Автоматизація технологічного підготовки складального малосерійного виробництва електромеханічних приладів: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 189 с.
6. Юлдашев М.Н., Зотьєва Д.Е. Конструкторское решение для быстрого прототипирования электронных устройств. Сборник научных трудов. 15-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2013". М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 24-25 апреля 2013 г. с. 295–300.
7. Пихтєєва І. В., Вершков О. О., Малюта С. І. Метод швидкого прототипування виготовлення профільних об'ємних виробів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання; Вип. 21, т. 1. С. 326–333
8. Nevliudov, I., Razumov-Fryzyuk, E., Nikitin, D., Bliznyuk, D., & Strelets, R. (2021). Technology for creating the topology of printed circuit boards using polymer 3D masks. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, (1 (15)), 120–131.
9. Тодд, Р. Прототипирование. Практическое руководство / Р. Тодд [и др.] под ред. Манн, Иванов и Фербер – Москва, 2013. 240 с.
10. Чонка Е.Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3D-принтері. XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського. С. 197–200
11. Білоус, Г.А. Розбиття 3D-об'єктів на тетраедри із заданим ступенем дискретності / Г. А. Білоус, Т. К. Скрипник, Н. К. Медведчук. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2019. № 3. С. 59–62.

Науковий керівник: Невлюдов Ігор Шакирович, д.т.н., проф., завідувач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 658.512

МОДЕЛЮВАННЯ КОРПУСУ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ МОБІЛЬНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Гаврик С. С., Кострова Г. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: stanislav.havryk@nure.ua, hanna.kostrova@nure.ua

Дослідження проводиться в області проектування апаратної та програмної частини рухомої охоронної платформи, та вибору необхідних компонентів. Дослідження у цій області допоможуть визначити переваги вибору окремих технічних рішень та доцільність використання рухомих охоронних платформ у порівнянні із стаціонарними.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, прототипування, 3D-модель