

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Олександров Ю.М.,
Сотник С.В., Невлюдова В.В.

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБІВ З ПЛАСТМАС**

КК НАУ
Кривий Ріг
2018

Рецензенти:

Л. І. Нефьодов, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

В. М. Свищ, д-р техн. наук, проф., Заслужений діяч науки і техніки України, радник генерального директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар»

Н 40 Невлюдов І. Ш. Моделі та методи автоматизації проектування технологічного обладнання для виробів з пластмас: Монографія / І. Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Ю.М. Олександров, С.В. Сотник, В. В. Невлюдова. Кривий ріг : КК НАУ, 2018. – 296 с.

У монографії розглядаються питання розробки моделей, методів автоматизації технологічного оснащення для виготовлення радіоелектронних виробів з пластмаси. Проведено аналіз існуючих математичних моделей, що описують структурні і параметричні характеристики технологічного оснащення, який показав, що ці моделі та методи не в повній мірі враховують весь комплекс параметрів, які є визначальними при розробці керуючих програм верстатів з числовим програмним управлінням для виготовлення оснащення.

Монографія може бути корисною для фахівців промисловості, наукових співробітників, а також аспірантів, магістрантів і студентів ВНЗ, які навчаються за спеціальностями, пов'язаними з проектними роботами.

Рекомендовано Вченою радою Харківського національного університету радіоелектроніки (протокол № 6 від 26 квітня 2018 року).

ISBN 980-969-578-395-2

ББК 32.996.1+30.800.4

© І.Ш. Невлюдов
А.О. Андрусевич
Ю.М. Олександров
С.В. Сотник
В.В. Невлюдова
2018

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| Список скорочень | 5 |
| Вступ | 7 |
| Розділ 1. Особливості технологічного оснащення для виготовлення деталей з пластмас | 10 |
| 1.1. Технологічне оснащення як об'єкт проектування | 10 |
| 1.2. Типові конструкції технологічного оснащення для виготовлення деталей з пластмас | 29 |
| 1.3. Вихідні дані для проектування технологічного оснащення при виготовленні деталей з пластмас | 47 |
| 1.3.1. Полімерні матеріали для отримання виробів методом лиття | 47 |
| 1.3.2. Види переробки пластмас методом лиття під тиском | 53 |
| 1.3.3. Устаткування для переробки пластмас методом лиття | 59 |
| Розділ 2. Математичне моделювання технологічного оснащення | 70 |
| 2.1. Загальні відомості про моделі та моделювання | 70 |
| 2.2. Аналіз методів математичного моделювання при структурно-параметричному описі оформляючих деталей технологічного оснащення | 73 |
| 2.3. Огляд математичних моделей та методів оптимального проектування технологічного оснащення | 79 |
| 2.4. Розробка комплексного методу оцінки якості пластмасових деталей | 84 |
| Розділ 3. Інформаційне моделювання при автоматизації проектування технологічного оснащення | 112 |
| 3.1. Розробка інформаційної моделі виливних форм | 112 |
| 3.2. Розробка моделі середовища функціонування виливних форм .. | 127 |
| 3.3. Процедура прийняття технічного рішення | 149 |
| 3.4. Розробка методу пошуку площини роз'єму виливних форм | 166 |
| Розділ 4. Структурно-параметричне моделювання технологічного оснащення | 185 |
| 4.1. Структурно-параметричний опис конструкції виливних форм... | 185 |
| 4.2. Розробка системної моделі технологічного оснащення | 208 |
| 4.3. Розробка методу розрахунку конструктивних параметрів технологічного оснащення | 227 |
| Розділ 5. Розробка та впровадження комп'ютерної технології автоматизованого проектування технологічного оснащення | 251 |
| 5.1. Обґрунтування вибору СУБД та мови програмування, розробка | |

| | |
|--|-----|
| структури бази даних | 251 |
| 5.2. Опис інтерфейсу програми, що розроблено | 257 |
| 5.3. Експериментальне дослідження адекватності розроблених моделей та методів при автоматизованому проектуванні технологічного оснащення | 266 |
| 5.4. Експериментальне дослідження трудомісткості технологічної підготовки виробництва | 278 |
| Висновки | 282 |
| Список використаних джерел | 284 |

ВСТУП

Сучасні технічні вимоги виробів все частіше визначають складні форми деталей та високу точність виготовлення. У зв'язку з цим, з'являються верстати та інструменти з новими функціональними можливостями. Відповідно й програма, яка керує технологічними процесами, має ставати більш інтелектуальною.

Головною метою створення системи автоматизації проектних робіт (САПР) або, як прийнято в Європі і США, CAD (Computer Aided Design) системи є підвищення ефективності та якості проектних робіт за рахунок використання інформаційних технологій.

Автоматизовані системи дозволяють значно підвищити продуктивність праці в одиничному та дрібносерійному виробництві, на яке припадає 75-80% продукції, що випускається машинобудівними галузями.

Розвиток методів автоматизації проектних робіт в машинобудуванні призвело до постановки нового завдання при проектуванні і реалізації САПР – інтеграції конструкторських і технологічних систем автоматизації. Результатом вирішення цього завдання стало створення наскрізних систем проектування – виготовлення (CAD / CAM-систем). CAM (Computer Aided Manufacturing) – система автоматизації підготовки виробництва.

На сьогоднішній день на ринку програмного забезпечення представлено досить багато засобів САПР. Всі сучасні CAD / CAM / CAE системи в залежності від розв'язуваних ними завдань можна розділити на дві групи: спеціалізовані та універсальні. Спеціалізовані програмні комплекси можуть використовуватися як автономно, так і включатися до складу універсальних систем. За функціональною ознакою вони класифікуються:

- програми для графічного (CAD) ядра системи – Unigraphics, Solid Works, ADEM, AutoCAD, Solid Edge;
- системи для функціонального моделювання (CAE), що реалізують метод кінцевих елементів (МКЕ), які, в свою чер-

гу, також діляться на системи загального застосування (NASTRAN, ANSYS, COSMOS / M і ін.) та проблемно-орієнтовані системи (ADAMS, MARS та ін.);

- системи для підготовки керуючих програм для технологічного обладнання (CAM) (SmarrCAM, Euclid, і ін.).

Універсальні системи призначені для комплексної автоматизації процесів проектування, аналізу та виробництва продукції машинобудування. Залежно від функціональних можливостей розрізняють:

- системи низького рівня – двовимірна графіка (AutoCAD, TopCAD, Caddy, Visio);
- системи середнього рівня мають більш великий потенціал проектування: створення 3D моделі, 3D складань з взаємозв'язками, як в реальних виробках, отримання конструкторської документації (Cimatron, Pro / JUNIOR, SolidWorks, Inventor, КОМПАС, T-FLEX, ADEM);
- системи високого рівня вирішують весь комплекс завдань, що виникають у інженерів на всіх етапах створення виробу (попереднє проектування, етап інженерного аналізу та оптимізації конструкції, виготовлення). Сюди можна віднести CATIA, UNIGRAPHICS, Pro / ENGINEER).

Створення САПР технологічного оснащення (ТО) ґрунтується на детальному аналізі об'єктів та процесів проектування, на їх моделюванні, типізації і т. д., що дозволяє виявляти закономірності, що управляють процесами проектування ТО, визначити склад, структуру, функції, інформаційні взаємозв'язки між окремими складовими в проектуючих системах. Отже, можна характеризувати САПР ТО як людино-машинну систему, що вивчає питання побудови ТО і адаптації до змінного середовища функціонування.

У сучасних САПР при проектуванні ТО для виробів з пластмас, недостатньо враховуються особливості пластмасового матеріалу виробу, які пов'язані з нестабільністю технологічних та конструктивних характеристик матеріалу (усадка, ударостійкість, термостійкість, вологостійкість і міцність), що призводить

до розриву етапів проектування виробів, виливних форм (ВФ) і до багатоетапності їх виготовлення. Багатоетапність обумовлена необхідністю фізичного моделювання процесів формоутворення виробів та відпрацювання цих процесів на експериментальних зразках ВФ. Тому, удосконалення процесу проектування ТО в рамках інтегрованих САПР, з урахуванням особливостей пластмасових матеріалів та необхідністю раціонального вибору конструктивних елементів ТО для різних альтернатив ВФ є актуальним завданням.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Ігор Шакирович Невлюдов,
Анатолій Олександрович Андрусевич,
Юрій Миколайович Олександров,
Світлана Вікторівна Сотник,
Вікторія Валеріївна Невлюдова**

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБІВ З ПЛАСТМАС**

МОНОГРАФІЯ

*Рекомендовано Вченою радою
Харківського національного університету радіоелектроніки*

*Коректор В.Г. Андріященко
Комп'ютерна верстка О.О. Роголюк*

Підписано до друку 01.06.2018 р. Формат 60×84 1/16.
Папір офсет. Гарнітура Таймс 18,5 Умов. Друк. Арк..
13,6 Умов. вид. арк. Тираж 300 прим. Зам. № 58.

Видано на замовлення ХНУРЕ