

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ Й ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РРТК-3Д31**

### **1. Постановка задачі**

Процес проектування верстата полягає в розробці конструкторської документації, необхідної для виготовлення верстата. Згідно з ГОСТ 2.103-68 стадії розробки конструкторської документації включають: технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект та розробку робочої документації. Крім того, в більшості випадків для корекції робочої документації необхідно виготовлення та випробування дослідного зразка, виготовлення настановної серії.

Основою для проектування верстата є технологічний процес. У технічному завданні формулюються основні характеристики проектованого верстата, що забезпечують отримання деталі заданої якості, умови його експлуатації, область застосування та інші відомості, що визначають вихідні дані проектування. Базою для призначення технічних характеристик проектованого верстата є результати науково-дослідних робіт, що включають експериментальні дослідження верстатів, їх вузлів і процесу обробки деталі, патентний пошук та аналіз наявних зразків.

Характерною ознакою процесу проектування верстата є його невизначеність. Можна сказати, що всі етапи проектування послідовно зменшують невизначеність проектної задачі. Основними принципами, що забезпечують рішення проектної задачі, є послідовність і інерційність. Послідовність полягає в строгій черговості виконання етапів проектування верстата, а інерційність – в коректуванні попередніх етапів проектування виходячи з результатів, отриманих на наступних етапах.

За рівнем проектування розрізняють функціональне та конструкторське проектування, залежно від методики проектування - аналітичне та емпіричне проектування (рис. 1).

Ці види робіт необхідно розглядати в комплексі, тому що якість виконання одних проектних робіт визначає трудомісткість і ефективність подальших проектних робіт.

Функціональне проектування включає в себе концептуальне проектування і схемотехнічне. Ці види робіт є найбільш відповідальними, оскільки вони виконуються на ранніх стадіях проектування.

Концептуальне проектування припускає пошук принципу функціонування окремих верстатних вузлів та верстата в цілому, який визначає тип пристроїв, які виконують окремі функції верстата (головний рух, рух подачі, допоміжні рухи і т. д.). Принцип функціонування повинен забезпечувати виконання характеристик, закладених в технічному завданні. У деяких випадках необхідна розробка принципово нових технічних рішень, щоб досягти необхідних характеристик.

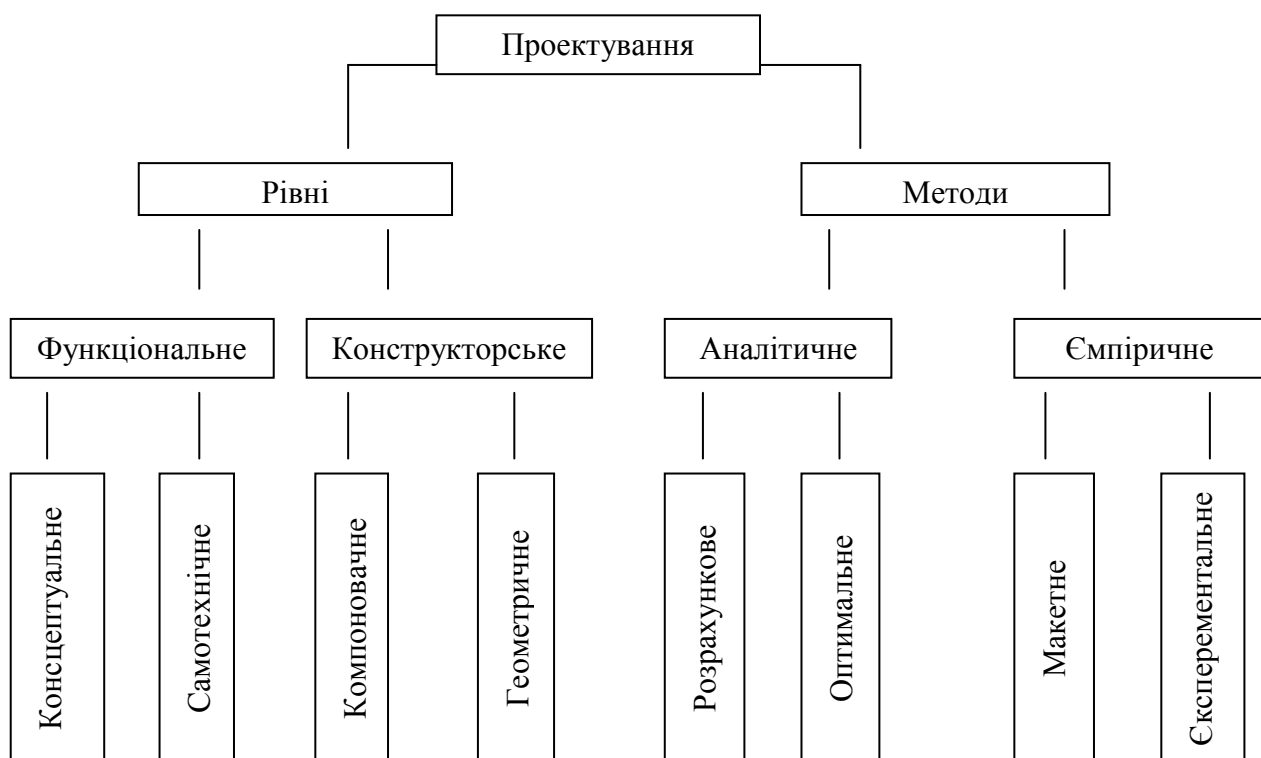


Рис. 1 – Види проектування

При оптимальному проектуванні може здійснюватися не тільки вибір найкращої конструктивної схеми вузла верстата, але і вибір оптимальних параметрів конструкції. Внаслідок багатокритеріального завдання вибору конструктивного варіанту і його параметрів, правильність прийнятого рішення багато в чому визначається інтуїцією і досвідом проектувальника.

Експериментальне проектування верстата полягає у відпрацюванні конструкції на стенді, що імітує конструкцію основних вузлів верстата і умови його роботи. Для зменшення собівартості експериментальної моделі створюють імітаційну математичну модель, яка являє собою віртуальну модель досліджуваного сайту або верстата в цілому. Ця модель, як правило, реалізує одну або декілька характеристик верстата або процесу, що відбувається у верстаті. Імітаційна модель може бути об'ємною моделлю верстата, що відтворює компонування верстата в масштабі, або, наприклад, тепловий моделлю станини верстата для аналізу теплових деформацій.

Реалізована характеристика або процес у імітаційній моделі повинні мати фізичну природу оригіналу. За результатами випробувань моделі, яка подібна до реальної конструкції, роблять висновок про доцільність того чи іншого конструктивного рішення. Імітаційне моделювання використовують і при оцінці конструктивних варіантів деталей несучої системи верстата.

Імітаційна модель повинна з максимальною точністю програмуванням імітувати реальні процеси. При побудові імітаційних моделей використовують структурний підхід, за яким спочатку забезпечується програмна реалізація моделей функціональних блоків досліджуваного об'єкта і потім об'єднання отриманих програмних модулів з урахуванням взаємодії та зв'язків між функціональними блоками в реальному об'єкті. Імітаційне моделювання використовують на початкових етапах процесу проектування для вибору компонування та формування вимог до окремих складових проектованого верстата або верстатної системи з точки зору забезпечення заданої точності, надійності чи продуктивності в умовах дії дестабілізуючих факторів.

Ефективно проектування на основі імітаційного моделювання при пошуку конструктивних рішень систем управління обладнанням. Він дає змогу підібрати основні елементи системи і налагодити їх взаємодію. Для імітаційного моделювання складних систем розроблені спеціальні мови, наприклад, GPSS, Сімпак, Симула, Сімскріпт, SIMON, BOSS, CSL, OPS, FSP, GSP [1].

## 2. Основний матеріал

Системний підхід до розробки імітаційної моделі робототехнічних комплексів (РТК) моделі РРТК-3Д31 включає наступні процедури: представлення об'єкта у вигляді системи; математичне моделювання; оцінка якості системи. При цьому процес проектування має справу з неіснуючим об'єктом, тобто з абстрактним чином неіснуючої машини, на якому неможливо поставити фізичний експеримент.

Верстатна система являє собою чотирьохрівневий ієрархічну систему: верстатна система, агрегат, вузол, деталь (рис. 2).



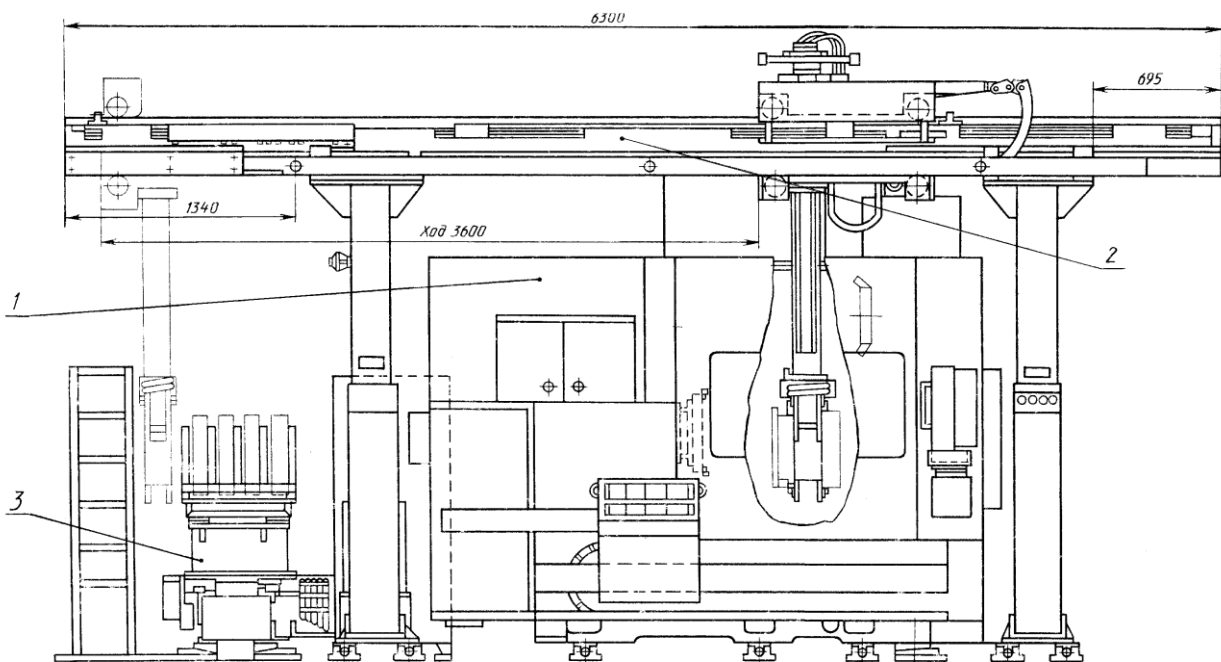
**Рис. 2** – Ієрархічні рівні верстатної системи

Верстатна система є елементом старшого рівня, деталі верстата становлять елементи молодшого рівня. Основною характеристикою деталей є їх геометрія, вихідним параметром вузла служить рух, агрегат характеризується

виконанням певної операції, а верстатне система забезпечує реалізацію деякого технологічного процесу.

Необхідно зазначити, що поділ верстатної системи на чотири рівні є наближеним, і можуть бути передбачені додаткові кваліфікації. Так, наприклад, підрівнів верстатної системи є рівень верстатного модуля. Потім вузли верстата можуть бути розбиті на підвузли (механізми), які в свою чергу включають функціонально відокремлені пристрої наступного підрівня.

Розгляд РТК РРТК-3Д31 як об'єкта проектування поки-показують, що він є складною системою. Розглянемо подання верстатного модуля, реалізованого у вигляді робототехнічних комплексів (РТК) як ієрархічної системи. Робототехнічних комплексів (рис. 3) складається з токарного верстата з ЧПУ 1, промислового робота 2 і завантажувально-розвантажувального пристрою 3 (УЗР).



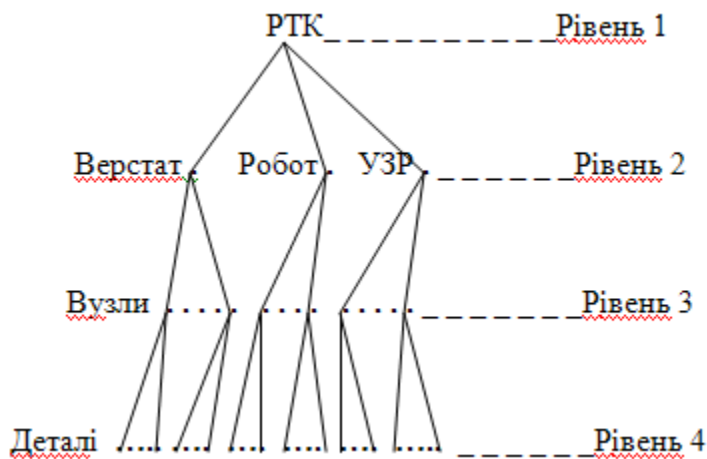
**Рис. 3** – Роботизований технологічний комплекс типу РРТК-3Д31

1 – токарний верстат з ЧПУ;

2 – промисловий робот;

3 – завантажувально-розвантажувальний пристрій.

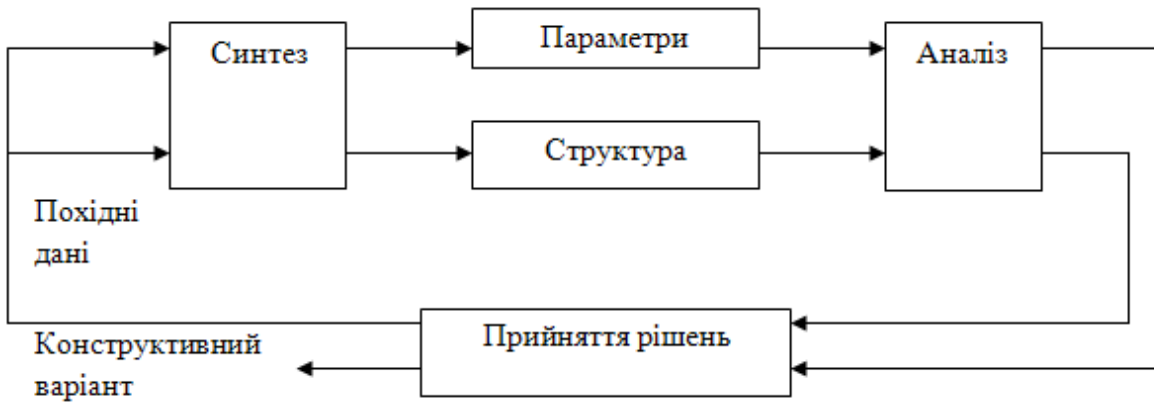
Ієрархічна структура РТК представлена на рис. 4 у вигляді дерева. Робототехнічних комплексів є старшою системою (рівень 1) по відношенню до елементів другого рівня (верстати, робот, УЗР – завантажувально-розвантажувальний пристрій), з іншого боку, елементи другого рівня старші системи для елементів третього рівня (вузли) і т. д.



**Рис. 4** – Роботизований комплекс типу РРТК-3Д31 як ієрархічної системи

Якщо розглядати послідовність дій, характерну для системного підходу, в додатку до процесу проектування, то основна проектна процедура, яка виконується при пошуку технічних рішень, матиме такий вигляд (рис. 5): синтез - аналіз - прийняття рішення. Синтез - це процес генерування варіантів конструкції і вибір відповідно до значень цільової функції одного або декількох найбільш кращих варіантів.

Код імітаційним моделюванням увазі методику моделювання об'єктів і процесів, параметри яких змінюються випадковим чином. Таким чином, математичною основою імітаційного моделювання є метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло). Програмну основу імітаційного моделювання складають спеціальні мови моделювання. Попередньо об'єкт імітаційного моделювання повинен бути представлений у вигляді складної системи. Планування та обробка результатів імітаційного моделювання проводиться за допомогою тих же методів математичної статистики, що й у випадку фізичного експерименту.



**Рис. 5** – Основна проектна процедура

Так як цільова функція лише комплексно оцінює якість варіантів, для остаточної оцінки конкуруючих варіантів необхідно обчислення показників якості, що не посередньо закладених в технічному завданні. Ця операція виконується при аналізі.

У процесі прийняття рішення за результатами аналізу здійснюється остаточний вибір проектного варіанту. Останню операцію звичайно виконує проектувальник, тоді як процедури аналізу та синтезу можуть бути автоматизовані на ЕОМ.

З урахуванням процедур синтезу та аналізу кожному рівню автоматизації проектування буде відповідати своя математична модель об'єкта проектування. Математична модель є сукупність математичних виразів, що знаходяться в деякому відношенні.

Введемо поняття математичної моделі об'єкта проектування як сукупність наступних складових: система рівнянь, що описують процес функціонування об'єкта проектування, обмеження, функція якості, варійований параметри і метод варіювання параметрів. Рівняння процесу функціонування об'єкта проектування можна представити у вигляді (1).

$$\begin{cases} \bar{Y} = \bar{Y}(\bar{F}, \bar{x}, \tau) \\ \bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n) \\ \bar{F} = (f_1, f_2, \dots, f_m) \\ \bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k) \end{cases} \quad (1)$$

де  $\tau$  – вектор вихідних параметрів об'єкта.

Обмеження, що накладаються на конструктивні параметри, можуть бути у вигляді нерівностей (2).

$$\bar{g} \in \mathbb{R}^m, \bar{F}, \bar{Y}, \tau \succeq 0. \quad (2)$$

Функція якості (3) – це цільова функція або вектор показників якості

$$\bar{\Phi} = \bar{\Phi} \in \mathbb{R}^n = [\bar{\Phi}_1 \in \mathbb{R}^n, \bar{\Phi}_2 \in \mathbb{R}^n, \dots, \bar{\Phi}_v \in \mathbb{R}^n] \quad (3)$$

Варійована параметрами є конструктивні параметри  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ , до яких належать як структурні параметри конструкції, так і параметри конструктивних елементів.

У кафедрі технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ «ХПІ» розроблена система 3D - імітаційного моделювання, побудована на методі статистичних випробувань з метою оцінки якості функціонування обладнання (точності, надійності, продуктивності). Суть методу статистичних випробувань полягає в розігруванні параметрів аналітичних моделей відповідно до їх імовірнісних законів розподілу. У результаті таких випробувань отримуємо статистичні характеристики вихідного параметра математичної моделі. За допомогою системи 3D - імітаційного моделювання можна імітувати блоки або агрегати реальної системи у вигляді пристроїв обслуговування, ємності і черги. Пристрій обслуговування забезпечує обробку однієї заявки, наприклад, транс-кравець пристрій, що перевозить одну партію деталей або верстатний модуль, що обробляє цю партію деталей. Ємності обробляють нескільки заявок (автоматизований склад, робототехнічний комплекс, що обробляє декілька партій деталей).

## Висновки

Таким чином, для розрахунку тривимірне імітаційне моделювання може бути використане для аналізу параметрів верстатних систем з урахуванням їх надійності. Роботи з відновлення обладнання враховуються за допомогою пристроїв обслуговування відмов, коли, при надходженні чергової заявки,



пристрої обслуговування і ємності виявляються зайнятими обробкою попередньої заявки, організовується чергу.

### **Список використаних джерел**

1. Васильев Г. М. Автоматизация проектирования металорезальных верстатов / Г. М. Васильев. – М. : Машиностроения, 1987. – 280 с.

*Артеменко А.В., Шелковой А.Н.* «Постановка задачи разработки и исследования имитационной модели РРТК-3Д31».

В статье предложена имитационная модель робототехнического комплекса модели РРТК-3Д31, её проектирование и системный подход с помощью различных методов моделирования.

**Ключевые слова:** имитационная модель, робототехнический комплекс, проектирование, системный подход, моделирование.

*Артеменко А.В., Шелковой О.М.* «Постановка задачи разработки и исследования имитационной модели РРТК-3Д31».

У статті запропонована імітаційна модель робототехнічних комплексів моделі РРТК-3Д31, її проектування і системний підхід за допомогою різних методів моделювання.

**Ключові слова:** імітаційна модель, робото технічний комплекс, проектування, системний підхід, моделювання.

*Artemenko A., Shilkovoj A.N.* "Formulation of the problem development and study the simulation model RRTK-3D31.

The paper proposed a simulation model of robotic complex model RRTK-3D31, its design and systematic approach using various modeling techniques.

**Key words:** simulation model, robotics system, design, system approach, prototyping.

Стаття надійшла до редакції 11 березня 2010 р.