

УДК 621.002:004.896

## Структурно-параметричний синтез опису оброблення деталей машинобудування

**Войтенко В.І.**

КПІ ім. Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна

**Анотація** Розглядається концепція використання системи автоматизованого проектування *SAPR\_2020* для формалізованого синтезу структури технологічного процесу виготовлення деталей машинобудування та параметризації типових технологічних переходів операцій таких процесів. Методика структурно – параметричного синтезу технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей машинобудування передбачає виконання послідовно в два етапи. На першому етапі виконується формалізований синтез структури технологічного процесу (ТП). При цьому збережені основні технологічні засади, викладені в роботах Цветкова В.Д. такі як – 13 технологічних етапів, ранги поверхонь та операцій, принципова схема ТП та інші. Проте, використання *SAPR\_2020* значно скорочує процес проектування. На другому етапі виконується передбачена *SAPR\_2020* можливість параметризації технологічних переходів, які складають спроектовані операції..

**Ключові слова.** Автоматизоване проектування ТП виготовлення деталей машинобудування. Структура ТП. Параметризація типових технологічних переходів.

### Вступ

Методика структурно – параметричного синтезу технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей машинобудування передбачає виконання послідовно в два етапи. На першому етапі виконується формалізований синтез структури технологічного процесу (ТП) [2, с.20-24]. При цьому збережені основні технологічні засади, викладені в роботах Цветкова В.Д.[3, с.132-141] такі як – 13 технологічних етапів, ранги поверхонь та операцій, принципова схема ТП та інші. Проте, використання *SAPR\_2020* значно скорочує процес проектування.

### Основи методики формалізованого синтезу структури ТП

Вихідними даними при проектуванні структури є один, або декілька варіантів принципової схеми ТП, відомості про форму деталі, розміри її поверхонь з якісними вимогами до них, лінійні та кутові розміри, що встановлюють взаємне розташування поверхонь поміж собою, відомості про форму та розміри заготовки, а також відомості про програму випуску.

**Метою** проектування на цьому рівні є вибір найбільш раціонального варіанту складу та послідовності технологічних операцій, вибір технологічних баз, металорізального обладнання та затискних пристроїв на кожну операцію.

Технологічний процес (його структура) формується послідовно, по етапам, від молодших етапів до старших. Це є першим ключовим моментом формалізованого синтезу структури ТП. Послідовність операцій в межах кожного із етапів встановлюється з урахуванням технологічних можливостей наявного обладнання та оснастки, форми та габаритів деталі, вимог точності взаємного розташування поверхонь деталі, лінійних та кутових розмірних ланцюгів між поверхнями деталі, також враховується величина програми випуску.

Алгоритм синтезу структури ТП складається з наступних основних блоків:

1). Формування на кожному із призначених етапів укрупнених технологічних операцій (у відповідності до типів прийнятих методів обробки). Утворюються “Токарні”, “Фрезерні”,

“Свердлувальні” та інші укрупнені операції. Однак, слід відмітити, що при проектуванні ТП корпусних деталей для обробки базової поверхні слід виділяти окрему операцію.

2). Ранжування укрупнених операцій – присвоєння кожній укрупненій операції відповідного рангу і встановлення таким чином послідовності їх виконання. Ранжування операцій є другим ключовим моментом формалізованого синтезу структури ТП.

3). Розділення укрупнених операцій на прості і встановлення послідовності їх виконання в складі конкретної укрупненої операції.

4). Вибір типу та моделі металорізального обладнання для кожної простої операції.

Ранг технологічної операції визначається значеннями рангів поверхонь, обробка яких виконується в складі конкретної операції. Розрізняють поверхні першого, другого, третього і т.д. рангів. Поверхні першого рангу – базові поверхні (для деталей, що не є “тілами обертання”), або ж поверхні основного контуру деталей типу “тіла обертання” (циліндричні, конічні, сферичні та торцеві поверхні, вісі яких співпадають із віссю деталі). Слід відмітити, що для деталей типу “тіла обертання” поверхні першого рангу, як правило, декілька. Бо послідовність обробки їх між собою не впливає на їх взаємне розташування (при обробці з однієї установки). Натомість для деталей типу “не тіла обертання” поверхні першого рангу завжди одна. Порядок обробки поверхні першого рангу не вимагає обов’язкової попередньої обробки якоїсь із поверхонь. Порядок обробки поверхні другого рангу залежний в часі від попередньої до неї обробки відповідної поверхні першого рангу. Аналогічно поверхні третього та наступних рангів можуть бути обробленими тільки після обов’язкової попередньої обробки поверхонь відповідного (на одиницю меншого) рангу.

Ранг всієї укрупненої операції визначається найбільшим рангом поверхні, що обробляється в складі цієї операції. Наприклад, якщо в складі певної операції обробляється деяка кількість поверхонь другого рангу і одна поверхня четвертого рангу, всій операції буде присвоєно четвертий ранг.

Технологічний процес в межах кожного із технологічних етапів формується, починаючи з першого рангу, в послідовності збільшення рангів технологічних операцій.

Визначення послідовності виконання укрупнених технологічних операцій однакового рангу виконується із застосуванням принципу суміщення конструкторських баз із технологічними. В першу чергу враховується наявність чи відсутність в кресленні деталі розмірних (лінійних чи кутових) ланцюгів з високими якісними вимогами, що регламентують взаємне розташування плоских поверхонь, пазів, нецентральных отворів, зубчатих, шліцевих поверхонь і т.п. між собою. При наявності таких регламентацій враховують наявні технологічні можливості обробки і залежну від них певну традиційну виробничу “пріоритетність” технологічних операцій. Наприклад, наявність в кресленні деталі високих вимог забезпечення кутового розміру між впадиною одного із зубів зубчатого вінця та площиною уступу, вимагає (з огляду на можливості обробки) першочергової обробки зубчатого вінця. Потім, з базуванням по впадині між зуб ‘ями, можна вести обробку уступу, забезпечуючи заданий кутовий розмір. Подібний виробничий досвід фіксується набором евристичних правил, які і використовуються для формального визначення послідовності обробки поверхонь однакового рангу. В роботі [3, с.182] подається приклад деяких таких правил. Також в [3, с.183-186] подано приклад синтезу формули структури ТП деталі «ступінчастий вал».

На другому етапі проектування методика, що розглядається, передбачає параметризацію технологічних переходів, які складають спроектовані операції.

Завданням параметризації є пошук найкращих, із можливих, варіантів значень варіативних реквізитів інформаційних моделей переходів, що спроектовані. При використанні **SAPR\_2020** інформаційні моделі спроектованих переходів серед багатьох призначених раніше параметрів, завжди мають варіативні параметри. Так, при проектуванні токарної



обробки точінням в **SAPR\_2020**, інформаційна модель переходу зберігає інформацію про: матеріал деталі (група, до якої входить задана марка матеріалу, механічні характеристики і і.), верстат і його характеристики, на якому виконується обробка, код операції, діаметр обробки разом з вимогами точності (поле допуску), припуск, або діаметр заготовки, довжину поверхні, вимоги до шорсткості поверхні, схему закріплення заготовки (3 – ри варіанти) та розмір "вильоту" із патрона, наявність чи відсутність корки на поверхні заготовки (2 – а варіанти), про застосування чи не застосування змащувальної-охолоджуючої рідини (2 – а варіанти), про конструкцію різця (8 - м варіантів), розміри перерізу його державки і і. (11– ть варіантів), матеріал ріжучої частини різця (для 8 – ми варіантів із 23 марок, об'єднаних в 29 груп) , радіус при вершині різця, товщину пластинки твердого сплаву та величини головного та допоміжного кута в плані. Всього, враховується 18 – ть реквізитів. Шість із них мають альтернативні варіанти (їх кількість подана вище). Таким чином загальна кількість альтернативних комбінацій варіативних параметрів може складати 8448 варіантів. На рис. 1 подано скрін при проектуванні точіння поверхні  $\varnothing 100f12$  .

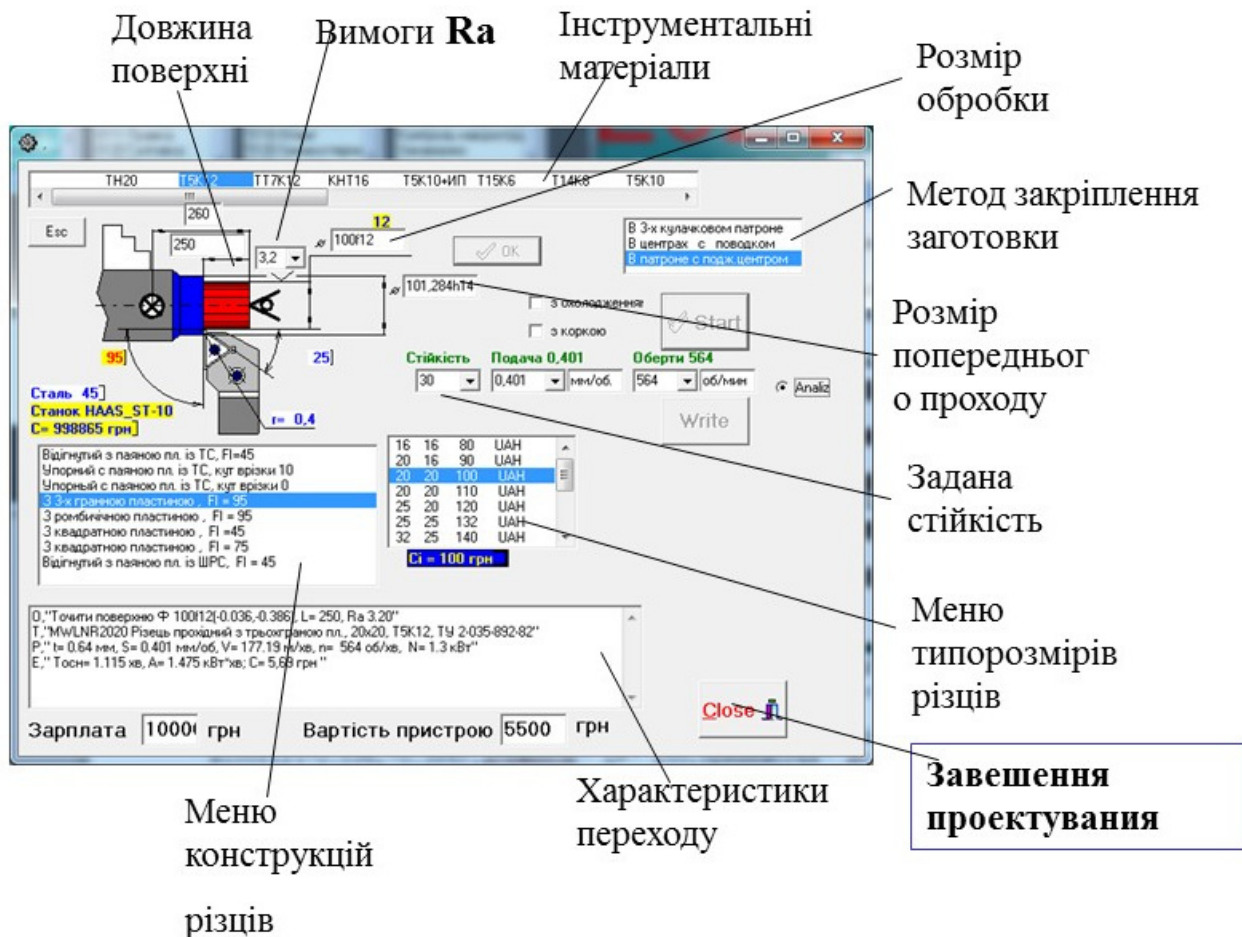


Рис. 1. Скрін при завершенні проектування точіння поверхні  $\varnothing 100f12$

Можливості **SAPR\_2020** дозволяють провести дослідження впливу значень окремих реквізитів на економічні показники переходу. Для цього в **SAPR\_2020** передбачено формування робочого файлу **Sobivartist.txt** . Для кожного спроектованого варіанту переходу в файлі подається інформація про дію переходу, про використаний інструмент, про призначені

режими різання, про показники основної складової норми часу та про собівартість виконання переходу та її складові. Далі подано фрагмент лістингу файлу Sobivartist.txt

#### Лістинг фрагменту файлу Sobivartist.txt

Точіння; ф 100f12                      Стьйкість= 45,00 хв; Tosn= 1,16 хв;  
 О,"Точити поверхню Ф 100f12(-0.036,-0.386), L= 250, Ra 3.20"  
 Т,"2102-0505 Різець прох.відігнутий з пл. із ШРС, 25x16, КНТ16, ГОСТ 18868-73"  
 Р," t= 0.64 мм, S= 0.742 мм/об, V= 92.36 м/хв, n= 294 об/хв, N= 1.2 кВт"  
 Ставка= 10000 грн;    Зарплата основна= 1,11 грн;    Зарплата додаткова=0,00 грн;  
 Зарплата повна= 1,11 грн;  
 Ціна інструмента= 160,00 грн;    Норматив на заточку= 5 хв;    Кількість переточок= 16;  
 Витрати на інструмент= 0,42 грн;  
 Вартість верстата= 999604,90 грн;  
 Амортизаційні витрати= 0,65 грн;  
 Витрати на ремонт= 0,01 грн;  
 Потужність верстата= 11,20 кВт;  
 Потужність різання= 1,21 кВт;  
 Витрати на електроенергію= 3,05445 грн;  
 Вартість пристрою= 5500,00 грн;    Витрати на пристрій= 0,02 грн;  
 Собівартість переходу= 5,26 грн;

Перші чотири рядки лістингу подають загальні параметри спроектованого варіанту переходу точіння. Включно зі значенням основної складової норми часу подаються опис дії переходу, опис ріжучого інструменту та задані режими різання. Далі подана інформація про розрахунок собівартості цього варіанту переходу та її складові. Спроектуючи декілька варіантів виконання переходу з різними значеннями варіативних реквізитів, можна визначити певні залежності економічних показників від застосовуваних параметрів переходу і робити бажані висновки.

Дослідивши проведені дослідження є можливість вибрати бажані значення реквізитів переходу для заданих умов його виконання.

#### REFERENCES

1. Войтенко В.І. Комп'ютерна програма „Система автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки SAPR\_2020” (“SAPR\_2020”). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 88599 від 15.05.2019. Мінекономрозвитку. Київ, 2019. Бюлетень. ”Авторське право та суміжні права” №53.
2. Войтенко В.І. Структурний синтез технологічних процесів виготовлення деталей машинобудування. Збірник доповідей XI всеукраїнської конференції «Молоді вчені 2020 – від теорії до практики» (12 березня 2020 р м. Дніпро).
3. Войтенко В.І. Системи автоматизованого проектування технологічних процесів машинобудування. Навчальний посібник. К.: НТУУ „КПІ”, 2012. -232 с. – Бібліогр.: с. 226-228. Гриф МОНМС України.(Лист №1/11-2321 від 21.02.2012 р.) УДК 621.002:004.896(075.8) ББК 34.5-5-05я73 ISBN 978-966-622-488-3 232с.

## Structural-parametric synthesis of the description of machining details of mechanical engineering

Vladimir Voitenko

*Summary.* The concept of the use of computer-aided design system SAPR\_2020 is considered for formalized synthesis of the structure of technological process of manufacturing mechanical engineering parts and parameterization of typical technological transitions of operations of such processes. The technique of structural - parametric synthesis of technological processes (TP) of manufacturing parts of mechanical engineering involves performing consistently in two stages. In the first stage, a formal synthesis of the structure of the technological process (TP) is performed. At the same time the basic technological principles, outlined in the works of Tsvetkova VD are preserved, such as - 13 technological stages, ranks of surfaces and operations, schematic diagram of TP and others. However, using SAPR\_2020 significantly shortens the design process. In the second stage, the SAPR\_2020 provides the opportunity to parameterize the technological transitions that make up the designed operations.

*Keywords.* Computer-aided design of TP for manufacturing mechanical engineering parts. The structure of TP. Parameterization of typical technological transitions.