

ЯДРО ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ОПЕРАТОРНИХ МОДЕЛЕЙ ІНЖЕНЕРІЇ КВАНТІВ ЗНАНЬ

© Молодих Л., 2007

Наведено методику розроблення ядра інформаційної технології. Спираючись на операторну модель інженерії квантів знань, було розроблено алгоритми та спроектовано інтелектуальну систему "ТехноМехІнтелект" підтримки прийняття рішень під час проектування технологічного процесу на виготовлення деталей. Система забезпечує побудову бази квантів знань за початковими спостереженнями за об'єктом та прийняття ідентифікаційних та прогностичних рішень під час створення валів механообробкою.

The information technology kernel creation method is reduced in the article. Algorithms and intellectual system "TechnoMechIntellect" of technological decisions acceptance support on the basis of knowledge quantum engineering operational model has been developed at designing technological process on manufacturing of details by machining process. The system provides base of knowledge quantum construction on initial supervision over object and acceptance identification and prognostic decisions at creation of a route chart on shaft manufacturing.

1. Постановка задачі

Проблема створення знанняорієнтованої системи підтримки прийняття рішень для автоматизації інтелектуальної праці технолога, який розробляє технологічні процеси, залишається актуальною через існуючий попит і відсутність дешевих та ефективних розробок на вітчизняному ринку. Такі розробки забезпечать збереження й накопичення досвіду та знань провідних спеціалістів підприємства, підвищать ефективність роботи підприємства загалом за рахунок автоматизованої підтримки прийняття рішень (ППР) на одному із найбільш трудомістких і неформалізованих етапів технологічної підготовки виробництва, якими є проектування технологічного процесу (ТП).

Завдання полягає у тому, щоби за відомою величиною математичного очікування M^* [1], таблицею емпіричних даних (ТЕД), побудованої в результаті аналізу предметної галузі:

- Спроектувати концептуальну схему інформаційної технології підтримки прийняття рішень у механообробці.
- На основі розроблених автором операторних моделей і методів синтезувати алгоритми побудови технологічної секційної бази знань (БЗ) і вивід технологічних рішень.
- Розробити програмне забезпечення для знанняорієнтованої підтримки прийняття рішень під час розроблення технологічного процесу виготовлення валів.
- Сформулювати й розв'язати за допомогою розробленої інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) виробничі задачі для оцінювання адекватності й ефективності обраних моделей і методів.

2. Методика розроблення ядра "ТехноМехІнтелект"

Ядро інформаційної технології "ТехноМехІнтелект" розроблене як інтелектуальний компонент САПР, який призначений для знанняорієнтованої підтримки прийняття технологічних рішень під час проектування технологічного процесу виготовлення деталей механообробкою. Схему ядра "ТехноМехІнтелект" наведено на рис. 1. Для того, щоб забезпечити ППР під час проектування ТП, а саме плану обробки деталі та маршрутної карти (МК), необхідно створити декомпозиційну модель деталі. Для цього формується база даних всіх елементарних поверхонь деталі з параметрами, зазначеними на кресленні, і згідно з вимогами конструктора. Щодо кожної поверхні деталі в

інтелектуальному блоці “ТехноМехІнтелект” приймається рішення про план її обробки, тим самим формуючи загальний план обробки деталі. Кожному пронумерованому блоку знанняорієнтованого ППР відповідає програмний модуль, що містить механізм операторного виводу рішень. Знання технологів-експертів представлені в ТЕД, на основі якої оператором індукції побудовано секціоновану базу квантів знань (БкЗ). Кожна секція БкЗ містить набір закономірностей, необхідних для ППР відповідної технологічної підзадачі.

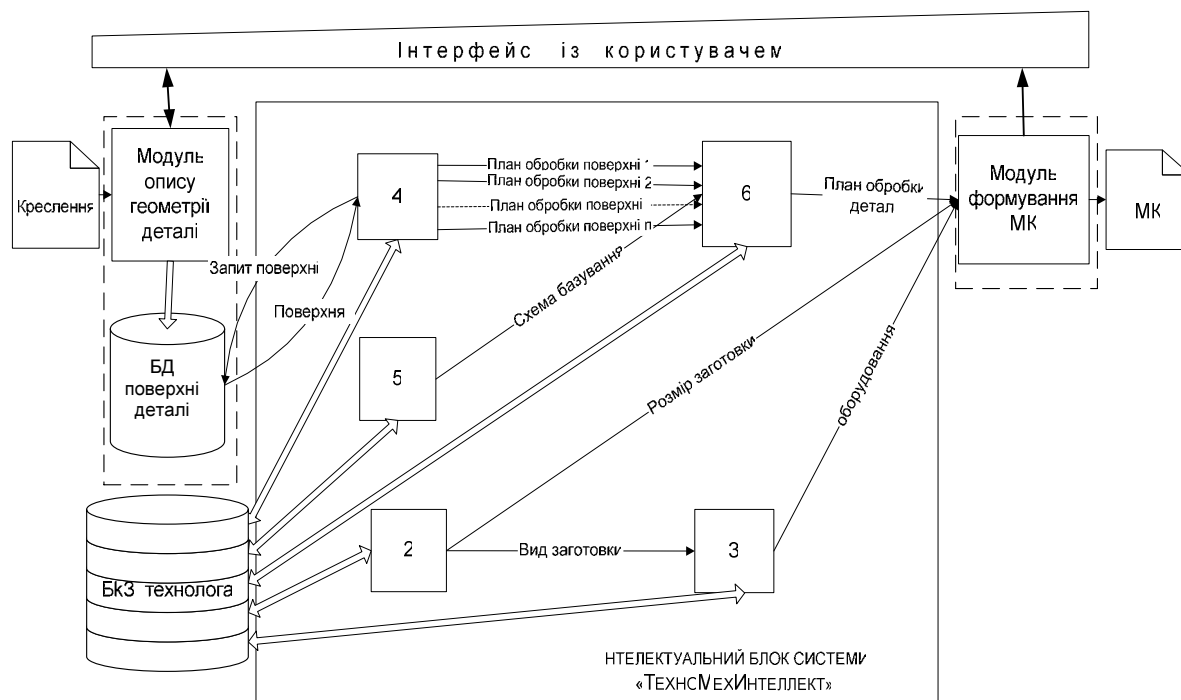


Рис. 1. Концептуальна схема “ТехноМехІнтелект”

На рис. 1 пронумеровані блоки мають таке призначення (номери блоків відповідають порядку їхнього логічного проходження) :

2. Блок прийняття рішення під час вибору виду заготовки й розрахунку її розмірів;
3. Блок прийняття рішення під час вибору устаткування;
4. Блок прийняття рішення під час вибору методу обробки поверхней і розрахунку кількості переходів;
5. Блок прийняття рішення під час вибору технологічних баз;
6. Блок прийняття рішення під час формування плану обробки деталі.

↔ – позначає звертання до відповідної секції в базі квантів знань із метою операторного виводу рішення для конкретної підзадачі блоку.

У системі передбачено такі режими функціонування:

1. Режим навчання системи за початковими спостереженнями (довідники, експериментальні дані, досвід експертів-технологів);
2. Режим донавчання системи шляхом додавання нових знань у базу квантів знань (БкЗ);
3. Режим створення декомпозиційної моделі деталі;
4. Режим знанняорієнтованого ППР під час проектування маршрутної технології;
5. Режим формування технічної документації у вигляді маршрутної карти.

3. Розроблення моделей і методів знанняорієнтованої підтримки прийняття рішень

Для інтелектуальної підтримки прийняття рішень технолога було розроблено операторні моделі й методи індуктивної побудови бази квантів знань (БкЗ) і дедуктивного виводу рішень [2]. Операторний підхід забезпечує операторне маніпулювання знаннями з метою знаходження БкЗ (база імплікативних закономірностей) zIND-оператором й операторний вивід шуканих рішень (zDED-оператор), ґрунтуючись на побудованій БкЗ.

4. Алгоритми операторних перетворень квантів знань

4.1. Алгоритм AzIND побудови безнадлишкової імпликативної БкЗ

Вхід: ТЕД у вигляді кванта $\delta k_2 \Sigma_0$ розміром $m \times n$, поріг $M_s^* = 10^{-2}$, максимальний ранг $r_{\max} = 3$.

Вихід: мінімізована БкЗ $= \delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$ як система простих (таких, які не впливають один з одного) заборонних квантів.

Дії: 1. Згідно з r_{\max} формуються шаблони комбінацій заборон ознак. Для $r_{\max} = 3$ це 8 шаблонів: $\langle 000 \rangle, \langle 001 \rangle, \langle 010 \rangle, \langle 011 \rangle, \langle 100 \rangle, \langle 101 \rangle, \langle 110 \rangle, \langle 111 \rangle$. Заборонні комбінації шукаються між компонентами доменів, але не всередині домена.

2. У циклі перебираються в $\delta k_2 \Sigma_0$ всі комбінації значень ознак по 2, а потім по 3, тобто до r_{\max} . Не знайдені в $\delta k_2 \Sigma_0$ шаблонні комбінації додаємо в $\delta k_2 \overline{\Sigma_B}$

3. Утворений квант заборон $\delta k_2 \overline{\Sigma_B}$ мінімізуємо в БкЗ $= \delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$, застосовуючи zMin-оператор.

4.2. Алгоритм AzRED знаходження скорочених k-знань (zRED-оператор)

Вхід: k-знання БкЗ $= \delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$ і спостереження $\delta k_1 Y_\omega$ за об'єктом прийняття рішень (ОПР) ω .

Вихід: скорочені з БкЗ δk -знання $\delta k_2 \overline{\Sigma}^*$, що стосуються спостереження $\delta k_1 Y_\omega$ ОПР ω .

Дії: Підставити значення кванта $\delta k_1 Y_\omega$ в БкЗ $= \delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$ так:

видалити рядка з $\delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$ ортогональні (протилежні за значенням) рядку спостережень $\delta k_1 Y_\omega$ (щодо відомих ознак), тобто ті рядки $\delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$, у яких хоча б один домен після покомпонентної підстановки вийшов з нульовими компонентами (припустимі прочерки). У результаті одержуємо $\delta k_2 \overline{\Sigma}^*$.

4.3. Алгоритм AzDED дедуктивного виведення рішень у вигляді k-знань

Вхід: k-знання БкЗ $= \delta k_2 \overline{\Sigma_{BM}}$ і спостереження $\delta k_1 Y_\omega$ за ОПР ω .

Вихід: дедуктивно виведені з БкЗ k-знання $\delta k_2 \left\| \overline{Y_\omega}^* \right\|$ про можливий стан ОПР ω за спостереженнями $\delta k_1 Y_\omega$.

Дії: 1. Виконати дії AzRED, у результаті чого одержати скорочений квант $\delta k_2 \overline{\Sigma_\omega}^*$.

2. Мінімізувати $\delta k_2 \overline{\Sigma_\omega}^*$, застосовуючи дії алгоритму zMin-оператора.

3. Інвертувати квант, що залишився, і вважати його $\delta k_2 \overline{\Sigma_\omega}^{**} = \delta k_2 \left\| \overline{Y_\omega}^* \right\|$ результатом.

Для висновку логічних наслідків $\delta k_1 Y$, $\delta k_0 \beta_{ik}^{(j)}$ алгоритм аналогічний.

5. Задача підтримки прийняття технологічних рішень під час проектування маршруту на виготовлення деталей типу "вал"

5.1. Декомпозиційна модель деталі

Щоб спроектувати ТП на виготовлення деталі (рис. 2), її необхідно декомпонувати на елементарні поверхні, закодувати відповідно до класифікатора (рис. 3) і вказати вимоги конструктора. Кодування деталі має вигляд (табл. 1):

Таблиця 1

Кодування поверхонь деталі

№	Код*	D	L	R _{ат}	T	T _t
1	121Л	20			14	10
2	111Л	20	25	0,4	14	6
3	121Л	40		0,4	14	6
4	111П	40	180	0,4	14	6
5	121П	40		0,4	14	6
6	111П	20	25	0,4	14	6
7	121П	20			14	10

* – символ «П» позначає праву орієнтацію поверхні щодо осі, символ «Л» – ліву. Вісь встановлюється між поверхнями, діаметри й орієнтація яких зменшуються в різні бока. У деталі на рис. 2 вісь встановлюється між 3-ю й 4-ю поверхнями. Частково за рахунок цього розв'язується задача вибору технологічних баз

У табл. 1 стовпцям відповідають такі параметри: 1. Номер поверхні; 2. Код поверхні (див. рис. 3). 3. Діаметр поверхні D , 4. Твердість заготовки H , 5. Необхідна твердість поверхні H_r . 6. Довжина поверхні L , 7. Шорсткість заготовки R_a , 8. Необхідна шорсткість R_{at} , 9. Квалітет точності у заготовки T , 10. Необхідний квалітет точності T_t

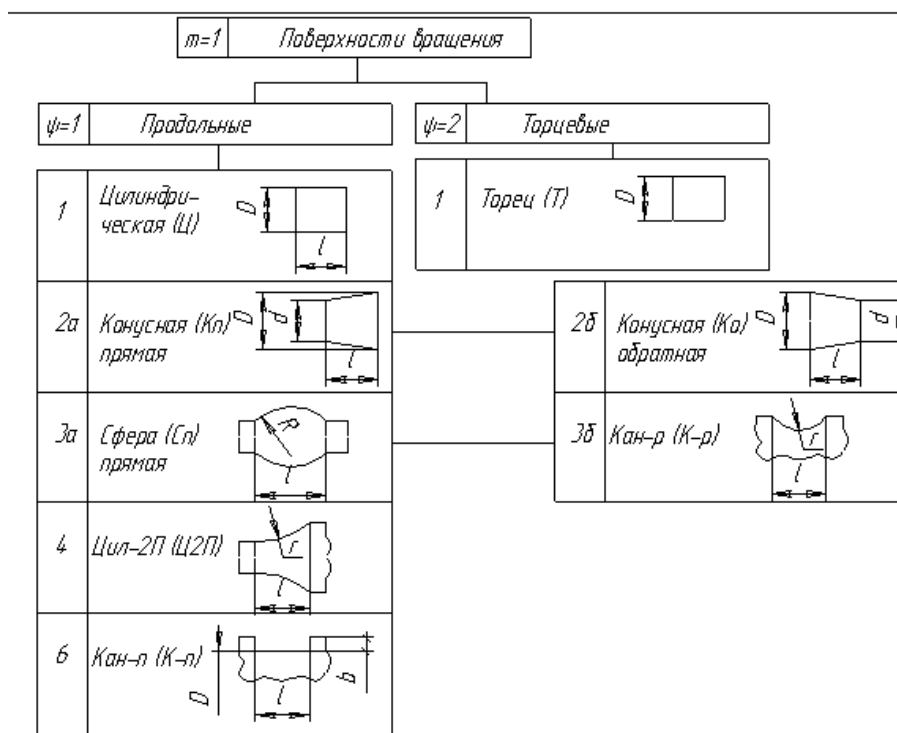


Рис. 3. Класифікатор тіл обертання

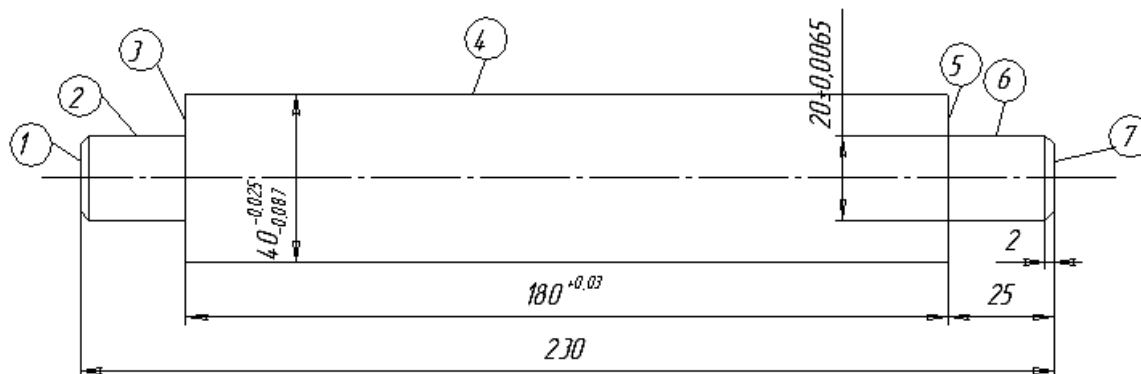


Рис. 2. Вісесиметрична деталь типу «вал»

5.2. Формування навчальних знань і побудова БкЗ технолога

Для побудови БкЗ необхідно накопичити початкові спостереження з доступних джерел знань про предметну галузь. Ці знання подають у вигляді кванта 2-го рівня $\delta k_2 \Sigma_0$, на підставі якого відбувається побудова БкЗ.

5.3. Призначення технологічних баз для деталей типу «вал»

Існує 3 схеми базування валів:

- Схема 1.** Центрування торців і закріплення в центрах;
- Схема 2.** Центрування торця й закріплення другого в задній бабці;
- Схема 3.** Закріпити заготовку з одного боку в задній бабці.

Схему 1 застосовують для операцій шліфування валів. Схему 2 застосовують у випадку, коли операція точіння й відношення довжини ($L_{заг}$) і діаметра ($D_{заг}$) заготовки більше припустимого значення ($L_{заг} \setminus D_{заг} > \alpha_{доп}$). Схему 3 застосовують у випадку, коли $L_{заг} \setminus D_{заг} < \alpha_{доп}$. Логічну мережу виводу рішень (ЛМВР) при виборі схеми базування наведено на рис. 4.

- X^1 (вид операції) = { e1: шліфування; e2: точіння }
- X^2 ($L_{заг} \setminus D_{заг}$) = { e3: $> \alpha_{доп}$; e4: $< \alpha_{доп}$ };
- X^3 (схема базування) = { c1: схема1; c2: схема2; c3: схема 3 }

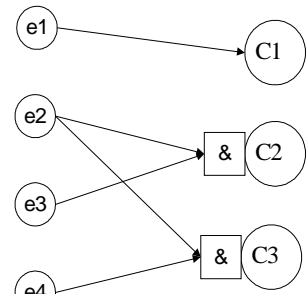


Рис. 4. ЛМВР для задачі вибору схеми базування

5.4. Вибір виду заготовки й розрахунок операційних припусків і розміру заготовки

Вхід: початкові дані про умови виробництва й деталі, що виготовляють:

мінімально можливий діаметр заготовки d_1 (для валів $d_1 \leq 0,45$), найбільший діаметр прутка за застосовності $d_{прим}$, коефіцієнт використання матеріалу ($W = W_1 \div W_2$), величина партії ($n = n_1 \div n_2$), діаметр заготовки прутка $D_{пр}$, вага заготовки $P_{пр}$ і деталі $P_{дет}$.

Вихід: вид заготовки (пруток, пакування, лиття)

Посилки	Наслідки
e1=($D_{пр} \leq d_1$) e2=($D_{пр} \leq d_{прим}$) e3=($P_{пр} \setminus P_{дет} \leq W_1$) e4=($P_{пр} \setminus P_{дет} \leq W_2$) e5=($n \leq n_1$) e6=($n \leq n_2$)	c7=(пруток) c8=(пакування) c9=(лиття)

На основі технологічних знань експертів-технологів про вибір виду заготовки для деталей валів було сформовано логічну мережу висновку рішень (ЛМВР), наведену на рис. 5.

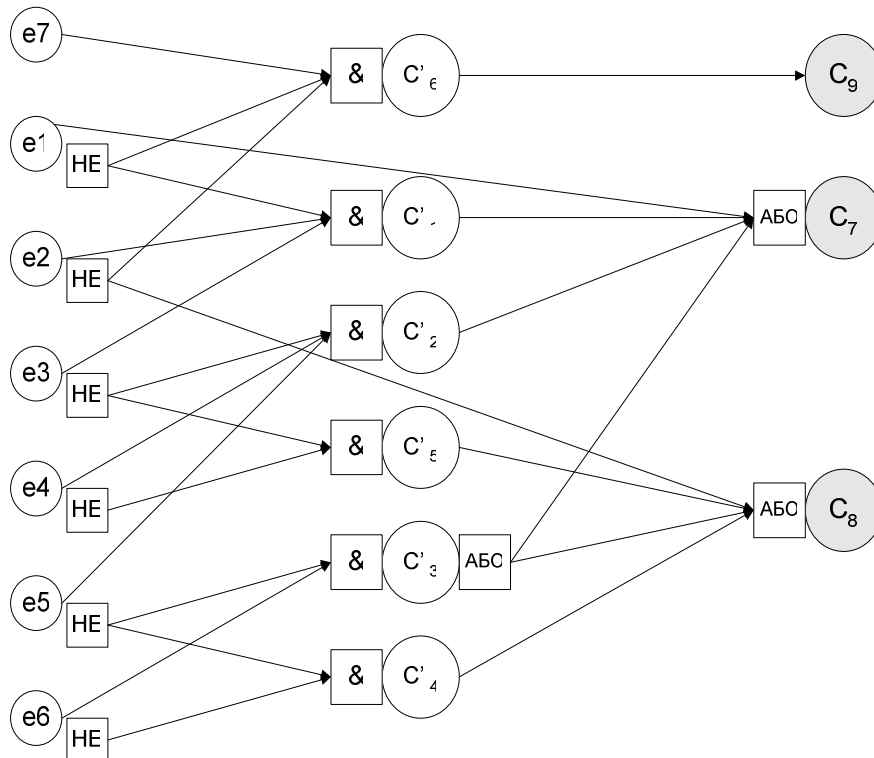


Рис. 5 ЛМВР на вибір виду заготовки для валів

Вибравши вид заготовки, необхідно розрахувати припуск на обробку шляхом його підсумовування за всіма операціями (переходами) для кожної поверхні деталі. Далі встановлюється метод обробки й кількість переходів для кожної поверхні.

5.5. Розв'язання задачі вибору методу обробки й формування послідовності етапів у ТП під час проектування маршрутної технології

Для розв'язання задачі побудовано базу знань БкЗ технолога, послідовність міркувань якого схематично наведено на рис. 6 у вигляді логічної мережі міркувань.

Посилки: $X^1 = (\text{Точність поверхні } T, \text{ кв}) = \{e1:5 \div 6; e2:7 \div 10; e3: \geq 11\};$

$X^2 = (\text{Шорсткість } Ra) = \{e4:0,04 \div 0,159; e5:0,16 \div 0,319; e6:0,32 \div 1,249; e7:1,25 \div 2,5; e8: \geq 2,5\};$

$X^3 = (\text{Точність розташування } \delta_{ij}) = \{e9:0,01; e10:0,05; e11:0,15\};$

$X^4 = (\text{Попередня термообробка}) = \{e12: \text{старіння}; e13: \text{загартування й відпуск}; e14: \text{азотування}\}$

Наслідки:

$X^5 = (\text{метод обробки поверхні}) = \{C_{\text{э4}}^1: \text{э4 точити}; C_{\text{э4}}^2: \text{э4 шліфувати}; C_{\text{э6}}^1: \text{э6 точити}; C_{\text{э8}}^4: \text{э8 шліфувати}; C_{\text{э11}}^5: \text{э11 шліфувати}; C_{\text{э13}}^6: \text{э13 довідне шліфування}\}$

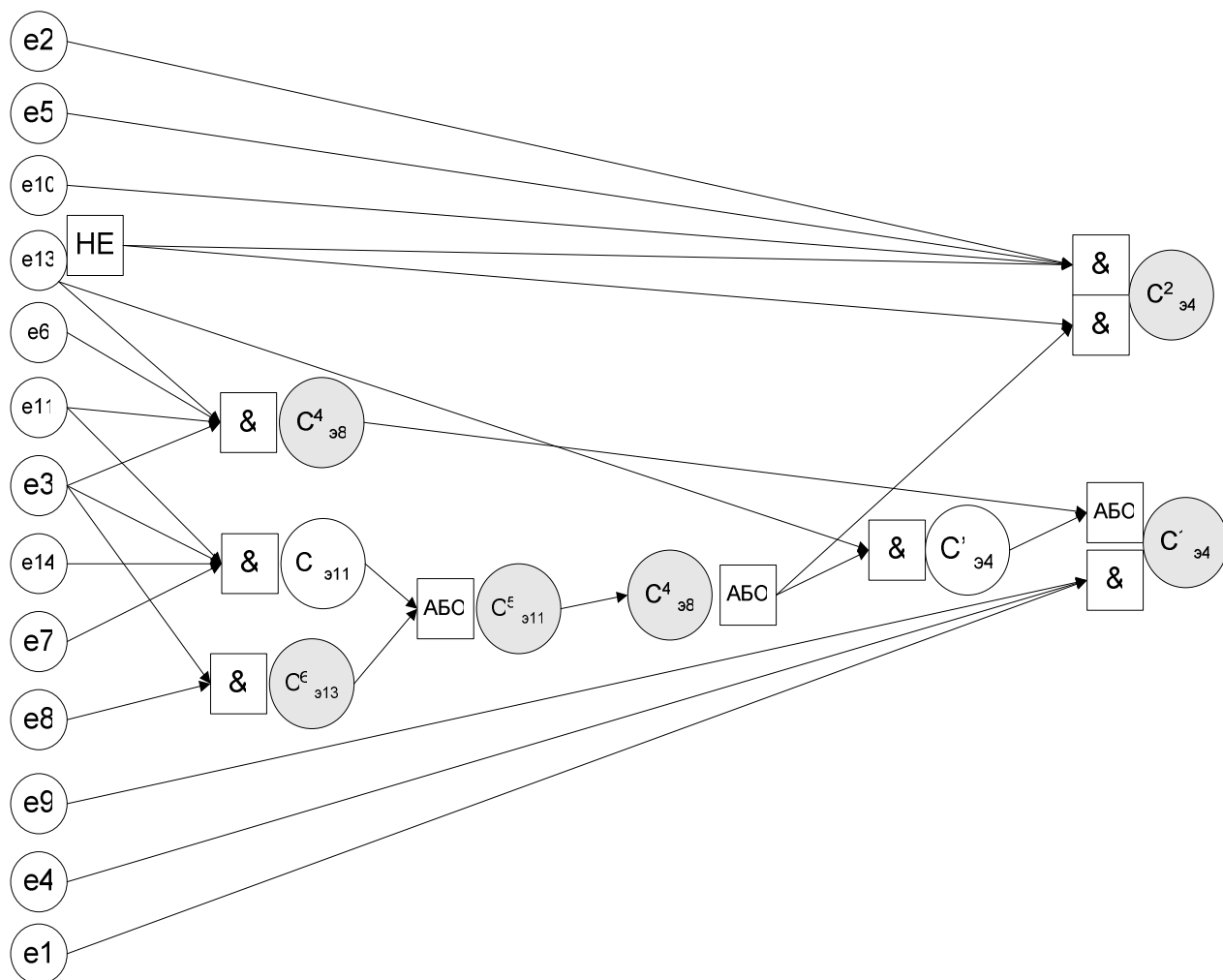


Рис. 6. Логічна мережа міркувань експерта щодо призначенню етапів ТП та операцій

Суть підходу до розв'язання задачі полягає в тому, щоб кожну поверхню «пропустити» через БкЗ і прийняти рішення для кожної поверхні: визначити етап, вид обробки, кількість переходів. Причому послідовність поверхонь, що пропускають, строго визначається її орієнтацією (ліва\права), за рахунок чого відбувається поділ операцій залежно від базування.

Заборонну БкЗ, що складається з неприпустимих комбінацій значень ознак, наведено у табл. 2:

Таблиця 2

Фрагмент секціонованої бази квантів знань

X ¹			X ²					X ³			X ⁴			X ⁵					
x ¹ ₁	x ¹ ₂	x ¹ ₃	x ² ₁	x ² ₂	x ² ₃	x ² ₄	x ² ₅	x ³ ₁	x ³ ₂	x ³ ₃	x ⁴ ₁	x ⁴ ₂	x ⁴ ₃	x ⁵ ₁	x ⁵ ₂	x ⁵ ₃	x ⁵ ₄	x ⁵ ₅	x ⁵ ₆
	1										0			1					1
		0				1		1							0			1	1
	1	1		1					1			1					1		1
			1																
1		0		0	1		0	1				1		1				1	
	1	1		1				1		1		1				1			1
				1		1				0	1				1		1		
1			1					1					0						1
	1				1		1							1	1				0
			0						1		1					1			1
						1		1		1	1						1		
0							0						1						1
	0				1				1				1			1			

У результаті застосування операторного виводу рішень отримано набір технологічних переходів для кожної поверхні деталі, наведений у табл. 3:

Таблиця 3

Технологічні переходи поверхонь деталі типу “вал”

№ поверхні	Значення цільової ознаки X ₅	Технологічні переходи
1,7	[1 0 1 0 0 0]	Э4:Гостріння чорнове Э6:Гостріння чистове
2,3,4,5,6	[1 0 1 1 1 0]	Э4:Гостріння чорнове Э6:Гостріння чистове Э8:Шліфування попереднє Э11:Шліфування чистове

Отже, отримано перелік операцій обробки кожної поверхні деталі.

Оскільки послідовно операцій встановлюється відповідно до схеми базування й набору операцій за поверхнями, то одержуємо таку послідовність проходження операцій (табл. 4):

Таблиця 4

Послідовність операції обробки поверхонь заготовки

№ операції	№ поверхні	Найменування операції
020	1,2,4,3	Токарська
025	5,6,7	Токарська
030	2,3,4,5,6	Шліфувальна
035	2,3,4,5,6	Шліфувальна

5.6. Генерація маршрутної карти на виготовлення вала

Вихідною інформацією розробленого ТП є маршрутна карта (МК), оформлена відповідно до ЕСТД. Отримані дані за маршрутом обробки деталі записуються в текстовий документ відповідно до **Держстандарту 3.1118-82** «Форми й правила оформлення маршрутних карт». На виході виходить сформований документ із розширенням *.doc, надаваний користувачеві за його запитом.

Висновок

Внаслідок проведених досліджень отримано такі результати:

- розроблено алгоритм індуктивної побудови заборонної бази знань (zIND-оператор)
- розроблено алгоритм дедуктивного висновку рішень на основі операторного методу (zDED-оператор);
- розроблено алгоритм редукції БЗ, що виділяє ті закономірності БЗ, які стосуються ОПР, щодо якого приймається рішення (zRED-оператор);
- створено концептуальну схему “ТехноМехІнтелект”;
- вирішено задачі проектування ТП на виготовлення валів, зокрема тих, що потребують інтелектуальної підтримки прийняття рішень технологом (вибір виду заготовки, вибір схеми базування, призначення, кількості, складу й послідовності операцій на виготовлення валів), за рахунок побудови бази знань технолога й операторного висновку прийнятих рішень;
- на основі квантового підходу спроектовано інтелектуальну інформаційну систему підтримки прийняття ідентифікаційних і прогнозних рішень технологом у процесі проектування ТП на виготовлення валів механообробкою.

Практична цінність роботи полягає у створенні й впровадженні програмно-інструментальних засобів і методів штучного інтелекту, які дають змогу зберегти знання й досвід провідних технологів підприємств, накопичувати їх і значно підвищують ефективність й якість рішень, прийнятих у технологічній підготовці виробництва внаслідок автоматизації інтелектуальних процесів експертів предметної галузі.

1. Сіроджа І.Б. *Математичне й програмне забезпечення інтелектуальних комп'ютерних систем*. – Харків: ХАІ, 1992. – 101 с. 2. Молодих Л.С., Сіроджа І.Б. *Операторні моделі й методи інженерії квантів знань для підтримки технологічних рішень у механообробці // Вісник “Комп'ютерні науки та інформаційні технології”*. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2007.