

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ГРИГОРЯН Тігран Георгійович

УДК 004.896:658.512.4:628.9

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ
СТРУКТУР ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
СУДНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Спеціальність 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України (м. Миколаїв).

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
Фатєєв Микола Володимирович,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, завідувач кафедри основ підприємництва та управління виробництвом.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Городецький Олександр Сергійович,
Державний науково-дослідний інститут автоматизованих систем будівництва (ДНДІАСБ),
заст. директора;

доктор технічних наук, професор
Фісун Микола Тихонович,
Миколаївський державний гуманітарний університет імені Петра Могили, завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем.

Провідна установа: Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Захист відбудеться " 9 " березня 2006 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.01 при Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України за адресою: 03037, м. Київ–37, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 406.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ–37, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий " 8 " лютого 2006 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент С.В. Цюцюра

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Конкурентоспроможність суднобудівних підприємств у значній мірі залежить від продуктивності та якості їх системи технологічної підготовки виробництва (ТПВ). Для забезпечення високого рівня ТПВ необхідно створювати і впроваджувати інтегровані системи, які дозволяють у стислі терміни отримувати високоякісні рішення на всіх етапах виробництва.

На суднобудівних підприємствах України для проектування технологічних процесів (ТП), яке є однією з найбільш трудомістких задач ТПВ верфі, характерним є низький рівень автоматизації. Це пов'язано з відсутністю комплексних систем автоматизованого проектування ТП, складність розробки яких обумовлена специфікою як власне технологічного проектування, так і суднобудування. У автоматизованих системах технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) FORAN, TRIBON ДЕЙМОС, ПЛАТЕР та САТУА, які пропонуються сьогодні на ринку інтегрованих систем проектування і побудови суден, вирішуються окремі задачі технологічного проектування: формування карт розкрою листового прокату, генерація управляючих програм різання для машин з числовим програмним управлінням, визначення характеристик універсальних шаблонів для гнуття, тощо.

Технологічному проектуванню властивою є наявність процедур, які важко піддаються формалізації, тому що в них переважає необхідність урахування якісних характеристик об'єктів виробництва і логічних зв'язків між характеристиками об'єктів та параметрами виробничої системи. До цих процедур відноситься проектування структур ТП. У згаданих АСТПВ відсутні підсистеми автоматизованого проектування структур ТП, що робить неможливим організацію наскрізної автоматизації, незважаючи на існування засобів автоматизованого проектування елементів ТП. Відсутність єдиної методології, в свою чергу, не дозволяє поєднати підсистеми технологічного проектування верфі в інтегровану систему автоматизованого проектування (САПР) ТП. Таким чином, дослідження, спрямоване на вдосконалення моделей та методів засобів автоматизованого проектування структур ТП суднобудівного виробництва, є *актуальним*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи відповідає планам науково-дослідницьких робіт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК) у 1998–2005 рр. Результати роботи використовувались при виконанні наступних держбюджетних науково-дослідницьких робіт, у яких автор виступав відповідальним виконавцем: "Розвиток інструментальних засобів САПР/АСТПВ у суднобудуванні на основі експертних систем" № держреєстрації 0197U 01246 та № 13/1360, "Удосконалення методів і засобів проектування технологічних процесів у корпусообробному виробництві" № держреєстрації 0100U 001306.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є вдосконалення та розробка методів і моделей функціонування системи підтримки прийняття рішень при автоматизованому проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва.

спрямоване на створення і впровадження САПР ТП та організацію наскрізної автоматизації технологічної підготовки виробництва. Для досягнення мети поставлені наступні *задачі*:

- провести аналіз і розробити моделі процесів технологічного проектування суднобудівного виробництва;
- розробити комплекс моделей системи підтримки прийняття рішень при проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва;
- розробити математичні та інформаційні моделі об'єктів автоматизованого проектування структур ТП суднобудівного виробництва;
- розробити модель формалізації знань про предметну область проектування структур ТП, а також методика формування даної моделі;
- розробити моделі та методи прийняття рішень при виборі раціональних структур ТП суднобудівного виробництва;
- розробити програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень при автоматизованому проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва.

Об'єктом дослідження є процеси проектування структур ТП суднобудівного виробництва, а **предметом дослідження** – методи та моделі автоматизованого проектування структур ТП суднобудівного виробництва (на прикладі корпусообробного), засновані на використанні експертних систем і теорії прийняття рішень.

Методи дослідження. Специфіка дослідження зумовила необхідність використання системного підходу на кожному етапі – від побудови моделей процесів та об'єктів технологічного проектування до створення підсистеми проектування структур ТП виготовлення деталей. При побудові моделей процесів технологічного проектування використовувались елементи математичної теорії систем та методологія структурного аналізу і проектування SADT. Положення теорій множин, відношень і графів, а також алгебри логіки використовувались при створенні моделей процесів та об'єктів технологічного проектування та при аналізі процесів прийняття проектних рішень. Вибір найкращого варіанта структури ТП базується на використанні положень теорії прийняття рішень. Розробка концептуальної моделі САПР структур ТП виготовлення деталей обумовила застосування методології побудови та експлуатації експертних систем (ЕС), а також моделей і методів подання та обробки формалізованих знань. Розробка структури і змісту інформаційного забезпечення САПР ТП базується на положеннях теорії реляційних баз даних (БД), стандарту IDEFIX, принципів об'єктно-орієнтованого проектування.

Наукову новизну дисертаційної роботи становлять:

- комплекс моделей які формують систему підтримки прийняття рішень при проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва. Для аналізу об'єктів і синтезу множини можливих структур ТП використовується ЕС, а для вибору із вказаної множини раціональної структури – методи теорії прийняття рішень;

– математична модель бази знань САПР структур ТП суднобудівного виробництва, основу якої складає комбінація фреймів і продукції, поєднаних шляхом уведення сутностей, що описують знання про предметну область у термінах властивостей об'єктів;

– математична модель та метод ранжирування множини альтернатив при виборі раціональних структур ТП суднобудівного виробництва, які удосконалені та базуються на використанні запропонованої ієрархії критеріїв порівняння структур та впорядкуванні критеріїв на основі експертних оцінок;

– математичні моделі об'єктів предметної області технологічного проектування суднобудівного виробництва, які отримали подальший розвиток і дозволяють урахувати вплив характеристик об'єктів виробництва на структуру ТП та оперативно адаптувати логіку роботи САПР до умов суднобудівних підприємств.

Практичне значення роботи полягає в удосконаленні процесів технологічного проектування суднобудівного виробництва, що дозволяє створити й експлуатувати інтегровану САПР структур ТП і, таким чином, підвищити якість та ефективність процесів технологічної підготовки суднобудівного виробництва.

Підхід, запропонований в дисертаційній роботі, і заснований на використанні ЕС, дозволяє накопичувати досвід технологів-експертів. Розроблена методика структурування технологічних знань надає можливість організувати ефективний процес побудови бази знань (БЗ) ЕС. Розроблені моделі дозволяють автоматизувати процес отримання рішення при виборі раціональної технології виготовлення об'єктів суднобудівного виробництва.

Крім того, запропонований в роботі підхід до використання систем управління реляційними БД (РБД) для організації інформаційного забезпечення ЕС дозволяє інтегрувати в існуючі АСТПВ методи і засоби інтелектуальної підтримки прийняття рішень.

Результати досліджень підтверджуються актами експлуатації підсистеми проектування структур ТП виготовлення деталей корпусу судна у ВАТ НДІ "Центр" та на суднобудівних підприємствах ВАТ "Дамен Шипардс Океан" (м. Миколаїв), ДАХК "Чорноморський суднобудівний завод" (м. Миколаїв) і ХДЗ "Паллада" (м. Херсон), а також актом впровадження запропонованого підходу і розробленого програмного забезпечення в навчальний процес у НУК на кафедрі інформаційних управляючих систем і технологій при вивченні дисциплін "Основи автоматизованого проектування складних систем та об'єктів", "Теорія та практика розробки і прийняття управлінських рішень", "Експертні системи" і на кафедрі технології суднобудування в дисципліні "Автоматизація проектування технологічних процесів".

Особистий внесок здобувача. Виконані дослідження та отримані результати, а також розроблені рекомендації є особистим досягненням здобувача. Конкретний внесок автора в наукові роботи, виконані у співавторстві, подано в переліку робіт, опублікованих за темою дисертації.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідались на міжнародній науково-технічній конференції "Ресурсо- та енергозберігаючі технології у промисловості" (м. Одеса, 1997 р.), на науково-технічній конференції "Інформаційні управляючі системи і технології" (м. Миколаїв, 1998 р.), на міжнародній конференції "Кораблебудування: освіта, наука, виробництво" (м. Миколаїв, 2002 р.), на наукових семінарах кафедр технології суднобудування та інформаційних управляючих систем та технологій у 1997–2005 рр., на конференціях професорсько-викладацького складу НУК у 2002–2004 рр.

Публікації. Основні результати роботи опубліковані в 10 наукових працях у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, а також відображені у двох науково-технічних звітах про виконання держбюджетних науково-дослідницьких робіт.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури (112 найменувань) та 3-ох додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 191 сторінку. Основний зміст дисертації викладений на 165 сторінках. Робота містить 38 рисунків та 16 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, визначено мету і завдання дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів і висновків, дана загальна характеристика роботи.

У першому розділі розглянута система технологічної підготовки суднобудівного виробництва, наведено місце технологічного проектування та його зв'язки з іншими задачами ТПВ. Ураховуючи високий рівень трудомісткості проектування ТП, і відсутність в існуючих АСТПВ засобів проектування структур ТП зроблено висновок про необхідність досліджень і розробок, спрямованих на створення підсистеми проектування структур ТП.

Обґрунтовано вибір процесів технологічного проектування корпусобробного виробництва (КОВ) як об'єкта досліджень, що обумовлено наступним:

– на початкових етапах дослідження раціонально обмежити предметну область, що дозволить отримати закінчене рішення, яке має практичну цінність, і пристосувати його до інших видів виробництва верфі;

– САПР ТП доцільно розробляти і впроваджувати у складі АСТПВ ДЕЙМОС та ПЛАТЕР, які орієнтовані на автоматизацію плазово-технологічної підготовки КОВ.

Розглянуто найбільш поширені методи автоматизованого проектування ТП, їх переваги та недоліки. На основі аналізу зроблено висновок про доцільність використання методу синтезу при автоматизації проектування структур ТП. У розділі розглянуто загальну структуру САПР ТП, а також її внутрішні і зовнішні інформаційні потоки.

Однією з причин відсутності комплексних САПР ТП у суднобудуванні є складність автоматизації окремих задач технологічного проектування (побудова формалізованого образу об'єкта виробництва, проектування принципової технології його виготовлення тощо), які мають творчий характер. Це обумовлено особливостями технологічного проектування: перевагою обсягу якісних характеристик об'єктів предметної області серед тих, що використовуються при проектуванні (наприклад, деталь характеризується формою контуру, типом поверхні). Крім того, обмеження в задачі проектування носять в основному характер логічних умов (наприклад, "Якщо деталь має криволінійний контур та товщину від 5 до 100 мм, то вирізування здійснюється на машинах з числовим програмним керуванням та розмічування не здійснюється").

Проведено аналіз структури і принципів роботи ЕС та зроблено висновок про доцільність використання систем подібного класу при вирішенні задач технологічного проектування.

Завершує розділ аналіз САПР ТП, які використовуються в суднобудуванні та машинобудуванні. Показано, що, незважаючи на наявність автоматизованих систем підготовки суднобудівного виробництва (FORAN, TRIBON, SATYA, ДЕЙМОС), в них відсутні інтегровані підсистеми проектування ТП. Вирішуються окремі задачі технологічного проектування, що не дозволяє отримати максимальний ефект від автоматизації. На основі аналізу поширених машинобудівних САПР ТП (ТЕХНОПРО, ТЕМП, АВТОПРОЕКТ) зроблено висновок про недоцільність впровадження їх у суднобудівному виробництві. Це зумовлено особливостями суднобудування (специфіка об'єкта виробництва, низький рівень механізації та автоматизації, одиничний та дрібносерійний характер виробництва), які потребують значних змін та доробок указаних систем.

Значний внесок у розвиток теорії, методів і засобів автоматизованого проектування ТП та ЕС зроблено такими вченими, як Глушков В.М., Горанський Г.К., Петренко О.І., Скурихін В.І., Цветков В.Д., Митрофанов С.П., Гладун В.П., Поспелов Д.О., Маккарти Д., Фейгенбаум Е., Уотермен Д., Нильсон Н.

У другому розділі проведено системний аналіз процесів технологічного проектування КОВ з метою організації ефективної автоматизації. Розроблено моделі процесів технологічного проектування. В основу моделювання покладено елементи математичної теорії систем, що дозволило отримати опис процесів технологічного проектування на будь-якому необхідному рівні декомпозиції. При цьому процес проектування S описується системою

$$S = \begin{cases} S_1 \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m; \\ S_2 \subset T_1 \times T_2 \times \dots \times T_n, \end{cases} \quad (1)$$

де S_1 і S_2 – відповідно зовнішній та внутрішній описи процесу проектування; V_i – множина, що об'єднує входи та виходи процесу проектування; T_k – множина проектних процедур; $i=1..m$; $k=1..n$.

На основі стандарту ЮЕН) в розділі розроблена функціональна модель процесів технологічного проектування КОВ. На основі моделі визначені: вихідні дані (інформація про деталі і характеристики виробництва); модель ТП як реалізація мети проектування, а також інформація, що регламентує логіку процесу проектування (математична модель ТП, знання про технологію виготовлення деталей, нормативно-довідкова інформація тощо).

Розроблено функціональну модель процесу проектування структур ТП з використанням елементів теорії прийняття рішень (рис. 1). Виділено етапи генерації множини можливих структур ТП і вибору з цієї множини найкращої альтернативи. Побудована модель підсистеми проектування структур ТП: визначені вимоги до підсистеми, її загальна структура, принципова схема роботи та інформаційні потоки, що циркулюють між функціональними модулями в процесі проектування.

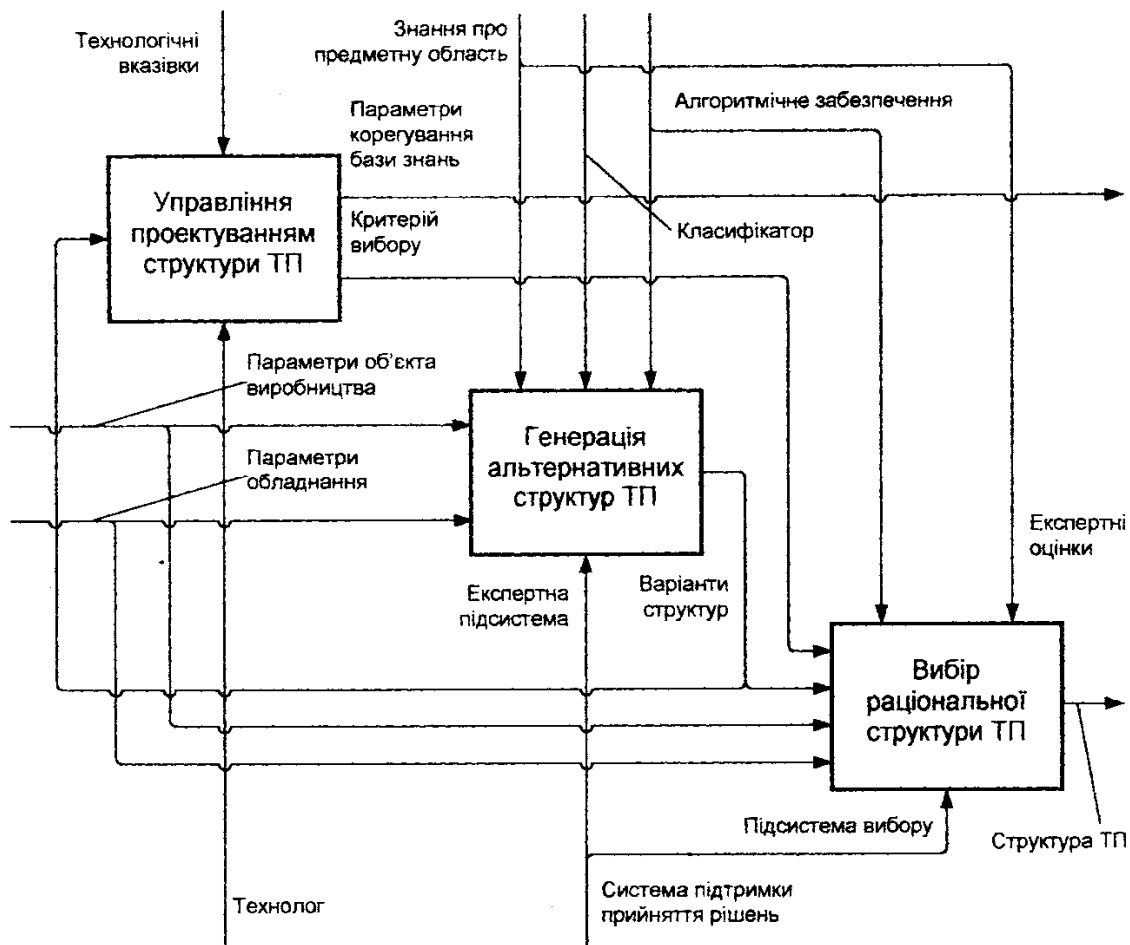


Рис. 1. Модель прийняття рішень при проектуванні структур технологічних процесів

У третьому розділі розроблені математичні та інформаційні моделі об'єктів предметної області, структура і зміст бази технологічних знань, а також моделі процесів прийняття рішень при проектуванні структур ТП виготовлення деталей корпусу судна.

Математична модель ТП описується сукупністю відношень, які визначають його структуру та технічні характеристики. Структура ТП задається направленим зв'язаним графом без циклів. Множина вершин графа відповідає технологічним операціям, а множина дуг – бінарним відношенням, які відображають їх упорядкованість. Для вирішення задачі автоматизованого проектування становлять інтерес такі технічні характеристики ТП, як собівартість, трудомісткість, тривалість.

Математична модель об'єкту виробництва подається множиною ієрархічно організованих матриць. Такий підхід дозволяє зберігати всю необхідну конструктивно-технологічну інформацію і водночас сприяє підвищенню ефективності її обробки.

Запропоновано виділяти ті атрибути об'єктів, які впливають на проектування ТП їх виготовлення. При цьому кожен атрибут a_i подається трійкою

$$a_i = \langle n_i, t_i, v_i \rangle, \quad (2)$$

де n_i, t_i, v_i – назва, тип і значення i -го атрибута відповідно. Наприклад, $\langle \text{"товщина"}, \text{"ціле"}, \text{"12"} \rangle, \langle \text{"наявність фасок"}, \text{"булеве"}, \text{"так"} \rangle$.

При побудові моделі виробничої системи застосовується функціональна декомпозиція. Кожна підсистема визначається через множину цілей її функціонування (наприклад, різання, зняття фасок, гнуття) і технологічні характеристики. Фіксуються ті характеристики, які пов'язані з проектуванням структури ТП. Наприклад, обладнання для різання характеризується габаритами й товщиною розрізаного листа, обладнання для гнуття – зусиллям гнуття та мінімальним радіусом кривизни.

На основі характеристик отриманих моделей об'єктів предметної області зроблено висновок про доцільність застосування РБД для збереження та обробки інформації про них.

Для моделювання формалізованих знань обрано комбінацію елементів фреймового та продукційного підходів, що дозволило компенсувати слабкі сторони однієї моделі сильними сторонами іншої. Комбінована модель дозволяє структурувати знання, організовувати ефективно логічне виведення, підвищити продуктивність формування та експлуатації БЗ технологіями.

Розроблено теоретико-множинну модель БЗ, виходячи з припущення, що будь-який факт про предметну область може бути описаний станом існуючого в ній об'єкта. Концептуальна складова представляється трьома непересічними множинами – класів C , атрибутів A і діапазонів значень R :

$$C = \{c_i\}, A = \{a_{ij}\}, R = \{r_{jk}\}, \quad (3)$$

де $i = 1..f$, f – кількість класів; $j = 1..g$, g – кількість властивостей i -го класу; $k = 1..h$, h – кількість діапазонів, заданих для j -ї властивості.

Елементами множини C є поняття предметної області: "Деталь", "Структура техпроцесу", "Обладнання". Елементи множини A представляються такими атрибутами понять: "Товщина" (атрибут поняття "Деталь"), "Операція різання" (атрибут поняття "Структура ТП"). Множина R є номінальною шкалою найменувань, класи еквівалентності якої визначаються при формуванні БЗ на основі особливостей виготовлення деталей. Запропоновано атрибути поділяти на два типи: дискретні та неперервні. Для дискретних атрибутів характерні атомарні (неподільні) значення класів еквівалентності. Так, для атрибута "Тип кривизни" шкала найменувань подана наступними класами еквівалентності: "Відсутня", "Проста", "Складна (лекальна)", "Злом", "Комбінована". Неперервні атрибути відрізняються тим, що їх класи еквівалентності можуть включати в себе декілька значень даного атрибуту деталі. Наприклад, клас еквівалентності шкали неперервного атрибуту "Довжина", що враховує особливості механічного вирізування деталі на гільйотині, довжина ножа якої дорівнює 5 м, виглядає так: "100–5000 мм".

Мінімальною одиницею інформації, яка має властивість смислової інтерпретації, є триплет, який являє собою трійку "клас–атрибут–значення": наприклад, "Деталь–Тип кривизни–Складна". Множина триплетів визначається як відношення на множинах (3). Оскільки атрибути задаються для конкретних класів, а діапазони значень визначаються для конкретних атрибутів, то побудова множини T триплетів відбувається згідно з правилом

$$T = \{(c_i, a_{ij}, r_{jk}) \mid (c_i \in C) \wedge (a_{ij} \in A) \wedge (r_{jk} \in R) \wedge \forall a_{ij} ((c_i, a_{ij}) \wedge (a_{ij}, r_{jk}))\}. \quad (4)$$

Використання триплетів дає можливість об'єднати фрейми та продукції у єдину систему. При цьому продукції оперують даними (фактами), які описують фрейми, тобто умовна та заключна частини продукції являються підмножинами множини триплетів. Даний підхід дозволяє побудувати ефективні алгоритми збереження й обробки знань, а теоретико-множинний характер отриманої моделі дає підстави для висновку про можливість застосування РБД як засобу збереження знань.

Для опису структури ТП введено предикат Q , використання якого засновано на правилі

$$\exists p_i \exists p_j (Q(p_i, p_j) = T), \quad (5)$$

де p визначає технологічну операцію; $i, j = 1..n$, n – кількість технологічних операцій; T – значення істинності, що відповідає істині.

При формалізації знань про структуру ТП спочатку визначається множина технологічних операцій, які виконуються на виробництві, а потім на цій множині задається відношення порядку:

$$R = \{(p_i, p_j) \mid Q(p_i, p_j) = T\}. \quad (6)$$

Розроблено математичну модель процесу генерації альтернатив і вибору з них найкращого варіанту. Генерація альтернатив виконується ЕС і базується на застосуванні продукційного підходу. При цьому формалізований опис предметної області, представлений множиною фактів, перетворюється відповідно до продукцій БЗ. Визначення елементів множини фактів на початку та на заключному етапі роботи системи відбувається згідно з правилом

$$F_0 = \{ \langle y_i, q_j \rangle \mid z_{jy} \in r_{qj} \}, \quad (7)$$

де y_i – код об'єкта предметної області; q_i – код триплету; z_{yk} – значення k -го атрибута, що характеризує y -й об'єкт; r_{qk} – діапазон значень k -го атрибута, пов'язаний з q -м триплетом; $i=1..n, j=1..m, n$ – кількість об'єктів в БД; m – кількість триплетів БЗ.

Таким чином, факт є упорядкованою парою (7), першим елементом якої є унікальний номер, що автоматично привласнюється кожному об'єкту предметної області, а другим – унікальний код триплету з множини (4). Триплет утворюється кодами поняття, яке відповідає об'єкту, його атрибута, що визначається даним фактом, а також діапазону значень, підмножиною якого є поточне значення атрибута.

Процес генерації альтернатив описується наступним виразом:

$$F_{t+1} = p_t F_t \quad (8)$$

де F_t – стан на етапі t , а p_t – продукція, застосована на етапі t . При цьому виконується умова

$$\forall p_t ((D_{1t} \subset F_t) \rightarrow (F_{t+1} = F_t \cup D_{2t})), \quad (9)$$

де D_{1t} і D_{2t} – відповідно умовна та заключна частини продукції p_t , які являють собою підмножини множини (4).

Тобто в момент часу $t+1$ множина фактів F_{t+1} визначається як об'єднання множини фактів F_t , що характеризує стан t , і фактів заключної частини продукції у тому випадку, якщо факти умовної частини продукції належать множині F_t . Після закінчення логічного виведення за допомогою зазначеного вище предиката Q (5) виконується безпосередньо формування можливих структур ТП з використанням відношення R (6):

$$((p_i \wedge p_j \wedge (p_i, p_j) \subseteq R) \rightarrow (t_{ij} \in S)), \quad (10)$$

де t_{ij} – елементарний маршрут, що складається з двох операцій p_i та p_j , S – структура ТП, який проектується.

Запропоновано методику формування БЗ з поетапним заповненням сукупності таблиць технологічною інформацією про об'єкти предметної області (3) й залежності між ними (4), (6). Це дозволяє систематизувати процес формування БЗ, скоротити термін його виконання, зменшити кількість протиріч.

Зазначено, що процес прийняття рішень при виборі структури ТП характеризується неповнотою інформації, зумовленою особливостями суднобудівного виробництва. Зроблено висновок про доцільність формування та ранжирування множини можливих структур ТП з наступним зберіганням в БД АСТПВ.

Ранжирування множини альтернативних структур ТП базується на використанні методів прийняття рішень на основі експертної інформації. При цьому корисність кожної альтернативи визначається за допомогою модифікації методу зваженої суми шляхом введення ієрархії критеріїв (рис. 2) і впорядкування критеріїв за важливістю. Узагальнений показник корисності W структури ТП визначається виразом

$$W = w^c \sum_{j=1}^n w_i^c c_j + w^p \sum_{j=1}^n w_i^p p_j + w^q \sum_{j=1}^n w_i^q q_j, \quad (11)$$

де w^c , w^p , w^q – відповідно вагові коефіцієнти собівартості, продуктивності та якості в узагальненому критерії оцінки якості структури ТП; w_i^c , w_i^p , w_i^q – вагові коефіцієнти i -го типу операції, до якого відноситься j -й вид обладнання, у формуванні корисності структури за відповідними критеріями; c_j , p_j , q_j – собівартість, продуктивність та якість j -го виду операції відповідно; $i=1..k$, k – кількість типів операцій, що виконуються на виробництві; n – кількість операцій в складі структури ТП.

Вагові коефіцієнти w^c , w^p , w^q узагальнених критеріїв призначаються. При цьому повинні виконуватися такі умови:

$$0 \leq w^c \leq 1; 0 \leq w^p \leq 1; 0 \leq w^q \leq 1; w^c + w^p + w^q = 1. \quad (12)$$

Визначення вагових коефіцієнтів типів технологічних операцій здійснюється призначенням або (при значній кількості типів операцій) на основі методу парних порівнянь. Елементи a_{ij} матриці впливу видів операцій, які відповідають показникам c_j , p_j , q_j в (11) визначаються наступним чином:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-а операція "краща" від } j\text{-ї;} \\ 0, & \text{якщо } i\text{-а операція "гірша" або "рівнозначна" } j\text{-й.} \end{cases} \quad (13)$$

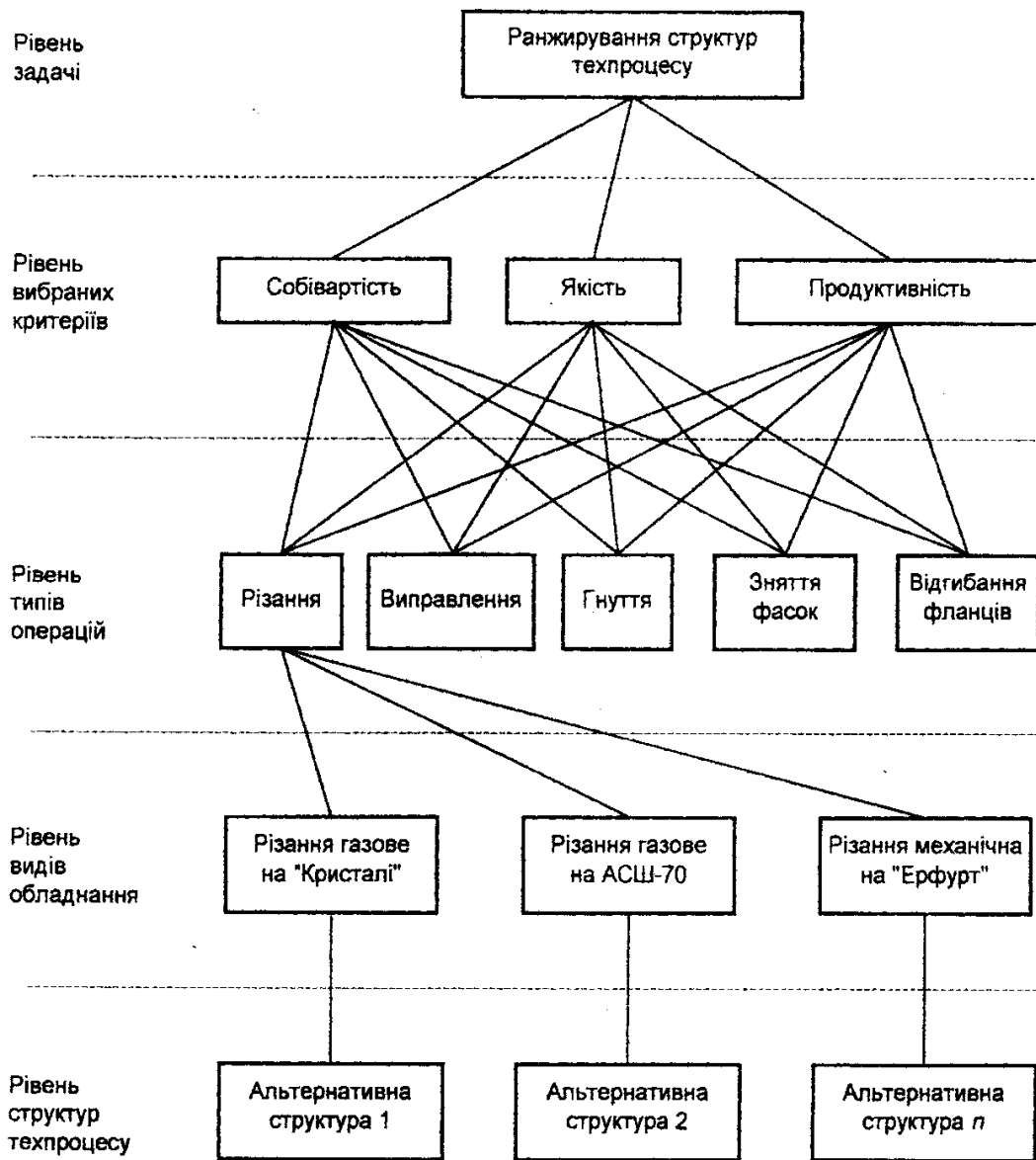


Рис. 2. Представлення задачі впорядкування альтернативних структур технологічних процесів корпусобробного виробництва

Запропоновано підхід до інформаційного забезпечення САПР структур ТП за допомогою реляційної БД. У відповідності до IDEF1X розроблена діаграма "сутність-зв'язок" понять предметної області, а також логічна схема БД для збереження даних і знань про предметну область технологічного проектування суднобудівного виробництва.

У четвертому розділі розглянуто питання, пов'язані з розробкою програмного забезпечення САПР структур ТП. Наведено структуру

програмного забезпечення підсистеми, опис основних програмних модулів, зовнішній вигляд вікон програми.

На основі розроблених моделей БД підсистеми запропоновано рішення щодо програмної реалізації елементів інформаційного забезпечення за допомогою діалекту мови структурованих запитів Transact-SQL. Розглянуто підхід до реалізації такої властивості формалізованих знань, як активність. Під активністю розуміється здатність генерувати нові дані на підставі існуючих. В основу реалізації покладено визначення інтегральних характеристик об'єктів виробництва (1). Дані характеристики визначаються на підставі аналітичних залежностей, які вводяться в систему. Прикладом може бути така характеристика, як "форма зовнішнього контуру", яка є відображенням конкретних значень параметрів сплайн-функцій, що описують контур деталі, на наступну множину типів – "прямолінійна", "криволінійна" та "прямокутна", елементи якої визначаються з технологічних міркувань. Другою необхідною умовою забезпечення активності знань є використання механізму тригерів, який, внаслідок своєї специфіки (виконання при додаванні/зміні/видаленні інформації у БД), є аналогією спеціальних процедур, застосовуваних у фреймах. Даний підхід дозволяє моделювати процеси міркувань технолога.

Крім того, в розділі наведено приклад формування БЗ у відповідності до запропонованого підходу. Послідовно показано процес заповнення таблиць, які містять технологічні знання й складають основу БЗ.

Завершує розділ аналіз переваг впровадження автоматизованої підсистеми проектування структур ТП, об'єднаних у наступні групи: технічні, організаційні, економічні та соціальні. Технічні переваги обумовлюються підвищенням ефективності процедури проектування завдяки скороченню часу генерації структури ТП в 6–8 разів і якості рішень. До організаційних переваг належить підвищення ефективності роботи з технологічною документацією та збереження знань технологів-експертів. Економічні переваги є наслідком скорочення фонду оплати праці технологам, що дає можливість повернути кошти, витрачені на впровадження системи, за 1,5–2,0 роки. До соціальних переваг належить підвищення культури праці технологів.

У **додатках** наведено фрагменти програмного коду підсистеми, зміст розробленої БЗ, а також акти впровадження та дослідно-виробничої експлуатації розробленого програмного забезпечення підсистеми проектування структур ТП.

ВИСНОВКИ

Науковим завданням, розв'язаним в дисертації, є вдосконалення та розробка методів і моделей функціонування системи підтримки прийняття рішень при автоматизованому проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва, яка дозволяє підвищити продуктивність і якість технологічної

підготовки суднобудівного виробництва шляхом організації наскрізної автоматизації процесів технологічного проектування.

У дисертаційній роботі отримано наступні **наукові результати**:

1. Проведено аналіз і розроблено моделі процесів автоматизованого проектування, що дало можливість визначити місце підсистеми проектування структур технологічних процесів в інтегрованій САПР/АСТПВ.

2. Розроблено комплекс моделей системи підтримки прийняття рішень при проектуванні структур ТП суднобудівного виробництва, яка використовує експертну систему для генерації множини можливих структур технологічних процесів і модифікацію методу зваженої суми – для вибору раціональної структури.

3. Вибрано модель формалізації знань, побудовано математичну модель бази знань та її використання в системі підтримки прийняття рішень при проектуванні структур ТП. Розроблено методику формалізації технологічних знань.

4. Розроблено математичну модель ранжирування альтернативних структур ТП, яка базується на ієрархії критеріїв оцінки структур та впорядкуванні критеріїв на основі експертних знань.

5. Удосконалено математичні моделі об'єктів предметної області шляхом доповнення їх інформацією, необхідною для автоматизації проектування структур технологічних процесів і створення моделей та алгоритмів генерації цієї інформації.

6. Створено модель збереження й алгоритми обробки формалізованих знань про предметну область з використанням систем управління реляційними базами даних. Розроблено програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень при проектуванні структур технологічних процесів виготовлення деталей корпусу судна, яке дозволяє скоротити терміни проектування і підвищити якість одержуваних рішень.

7. Розроблені комплекс моделей та система підтримки прийняття рішень дозволяють враховувати вплив будь-яких характеристик об'єктів виробництва на структуру ТП й оперативно адаптувати логіку роботи САПР структур ТП до умов підприємств.

8. Запропонований підхід дає можливість зберігати та оброблювати формалізовані знання в єдиному інформаційному просторі з даними про предметну область проектування технологічних процесів. Це дозволяє створювати та розвивати засоби інтелектуальної підтримки прийняття рішень в інформаційному середовищі з засобами автоматизованого проектування.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Григорян Т.Г.* Информационная модель детали в системе автоматизированного проектирования технологических процессов

корпусообробляючого виробництва // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – № 3 (375). – С. 150–156.

2. Григорян Т.Г. Концепція застосування систем, заснованих на знаннях, в проектуванні технологічних процесів верфи // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – № 3 (381). – С. 174–184.

3. Григорян Т.Г. Особливості організації автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення деталей корпусу судна // Зб. наук. пр. – Луганськ: Східноукраїнський національний університет, 2003. – № 2. – С. 116–123.

4. Григорян Т.Г. Представлення знань з допомогою реляційних відносин // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – № 1 (373). – С. 167–171.

5. Григорян Т.Г. Прийняття рішень при автоматизованому проектуванні маршрутів виготовлення деталей корпусу судна // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – № 4 (382). – С. 146–156.

6. Григорян Т.Г. Системно-структурна модель автоматизованого проектування технологічних процесів корпусообробляючого виробництва // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – № 1 (379). – С. 135–145.

7. Григорян Т.Г., Гулий Г.А., Фатеев Н.В. Застосування засобів обробки знань в проектуванні технологічних процесів // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 1998. – № 9 (357). – С. 30–33.

У роботі автору належить вибір моделі представлення знань для вирішення задач технологічного проектування.

8. Григорян Т.Г., Мочалов А.А., Фатеев Н.В. Автоматизація проектування і управління технологічними процесами виготовлення деталей корпусу судна // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 1998. – № 7 (355). – С. 80–85.

Автором на основі літературних джерел виконано аналіз інформації про ЕС та запропоновано загальну схему системи проектування технологічних процесів.

9. Григорян Т.Г., Фатеев Н.В. Модель виробництва в системі автоматизованого проектування технологічних процесів // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – № 6 (372). – С. 35–40.

Автором визначено принципівий підхід до моделювання виробничої системи в задачах проектування технологічних процесів, а також класифікацію масивів технологічної інформації про виробництво.

10. Григорян Т.Г., Фатеев Н.В. Особенности представления знаний в системе автоматизированного проектирования // Зб. наук. пр. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – № 1 (366). – С. 146–150.

Автором виконано аналіз переваг та недоліків найбільш розповсюджених моделей представлення знань з точки зору їх використання при автоматизації технологічного проектування.

АНОТАЦІЯ

Григорян Т.Г. Автоматизація проектування структур технологічних процесів суднобудівного виробництва. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – Системи автоматизації проектувальних робіт. – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України. – Миколаїв, 2006.

Обґрунтовується необхідність розробки та впровадження підсистеми автоматизованого проектування структур технологічних процесів суднобудівного виробництва. Досліджено процеси технологічного проектування суднобудівного виробництва. Розроблено модель підсистеми проектування структур технологічних процесів суднобудівного виробництва, яка використовує експертну систему для генерації множини альтернативних структур і моделі процесів прийняття рішень при виборі раціональної структури технологічного процесу. Запропоновано теоретико-множинну модель бази знань і процесів її використання. Розроблено математичну модель ранжирування альтернативних структур технологічного процесу для вибору раціональної. Подано структуру та зміст інформаційного забезпечення підсистеми проектування структур технологічних процесів. Розроблено програмне забезпечення підсистеми проектування структур технологічних процесів виготовлення деталей корпусу судна. Запропоновані методи, моделі та алгоритми є основою для подальших досліджень, спрямованих на підвищення ефективності технологічної підготовки суднобудівного виробництва.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, технологічний процес, суднобудування, експертна система, підтримка прийняття рішень, база знань, реляційна база даних, критерії оцінки альтернатив.

АННОТАЦИЯ

Григорян Т.Г. Автоматизация проектирования структур технологических процессов судостроительного производства. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектных работ. –

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Министерства образования и науки Украины. – Николаев, 2006.

Рассмотрены структура и содержание задач технологической подготовки судостроительного производства. Показано, что отечественные и зарубежные системы технологической подготовки судостроительного производства обеспечивают решение отдельных задач проектирования операционной технологии и не решают проблемы автоматизации проектирования структур ТП. Проанализированы методы и средства автоматизированного проектирования технологических процессов. Обоснована целесообразность применения экспертных систем в проектировании структур технологических процессов судостроительного производства. Рассмотрены структура и принципы работы систем данного класса. Выполнен анализ распространенных систем автоматизированного проектирования технологических процессов, используемых в машиностроении. Показано, что их использование в судостроении нецелесообразно, т. к. это требует внесения значительных изменений, обусловленных спецификой судостроения, в самих системах. Обоснована целесообразность разработки моделей и алгоритмов автоматизированного проектирования структур ТП для одного из видов судостроительного производства – корпусообработывающего с последующим использованием полученных результатов для других видов производств.

Предложена системная модель процессов технологического проектирования. Выполнен анализ и разработана функциональная модель процессов технологического проектирования корпусообработывающего производства. Определены функции подсистемы проектирования структур технологических процессов, ее связи с другими подсистемами, требования к ней. Разработана структура подсистемы.

Получили развитие математические и информационные модели объектов предметной области для хранения и обработки информации, необходимой для обеспечения автоматизированного проектирования структур технологических процессов. Разработана модель базы знаний, основанная на комбинации фреймов и продукций. При этом фреймы описывают понятия предметной области и их свойства (концептуальная составляющая), а продукции – процессы принятия решений (функциональная составляющая).

Специфика судостроительного производства обусловила необходимость разработки моделей и подходов к выбору рациональной структуры технологического процесса в условиях недостатка информации. Обоснована целесообразность применения экспертных оценок для ранжирования множества возможных структур технологического процесса и выбора из данного множества рациональной структуры.

Построена модель реляционной базы данных служащей для информационного обеспечения подсистемы. С использованием триггеров

предложены модели и алгоритмы автоматической генерации информации для подсистемы. Разработано программное обеспечение подсистемы проектирования структур технологических процессов изготовления деталей корпуса судна.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, технологический процесс, судостроение, экспертная система, поддержка принятия решений, база знаний, реляционная база данных, критерии оценки альтернатив.

SUMMARY

Grigorian T.G. The automation for design of shipbuilding technological processes structures. – Manuscript.

The Thesis for Candidate of Sciences degree by specialty 05.13.12 – Systems for Computer-Aided Design. National Shipbuilding University named after admiral Makarov of The Ministry of Education and Science of Ukraine. – Mykolayiv, 2006.

The need for the development and introduction of CAD system for the shipbuilding technological processes structures is substantiated. The model of the system for design of the structures of shipbuilding technological processes is developed. The system uses an expert system for alternative technological process structures generation, and the models for decision support for choosing a rational structure. The set-theoretical model for the knowledge base and the processes of its use is offered. The mathematical model for the ranging of alternative technological process structures has been built. The structure and content of data ware of the system is presented. The software of the computer aided system for design of plate production technological processes structures is developed. The methods, models and algorithms form the bases for further research directed to raising the efficiency of shipbuilding technological preparation.

Keywords: computer-aided design system, technological process, shipbuilding, expert system, decision support, knowledge base, relational database, decision criterion.