

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Буренков Михайло Валентинович

УДК 621.6

СИНТЕЗ СТРУКТУР ГНУЧКИХ ОБРОБНИХ МОДУЛІВ НА ОСНОВІ
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Спеціальність 05.02.08 – Технологія машинобудування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент

Загребельний Валентин Миколайович,

Національний технічний університету "Харківський політехнічний інститут",

завідувач кафедри "Теорія механізмів, машин і роботів",
декан машинобудівного факультету

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Михайлов Олександр Миколайович,

Донецький національний технічний університет,

завідувач кафедри "Технологія машинобудування";

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Ряховський Олексій Володимирович,

заступник директора – директор виробництва Державного підприємства "Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування" Міністерства промислової політики України, м. Харків.

Провідна установа: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" кафедра технології машинобудування, Міністерство освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться " 20 " __06__ 2002 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою:

61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий " 18 " __05__ 2002 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Узунян М.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Потреба в створенні гнучких виробничих систем обробки металів різанням (ГВС ОМР) багато в чому визначається неефективністю подальшої структурно-параметричної оптимізації обробних підсистем, приймаючи до уваги те, що час різання металу вже складає не більш 6% від часу перебування об'єкта обробки в технологічній системі. Тому в ГВС ОМР упор зроблений на мінімізації допоміжного часу на всіх стадіях виробничого процесу.

З огляду на той факт, що в загальному обсязі витрат на створення ГВС ОМР основну частку (близько 50%) складають витрати на технологічне устаткування, його раціональне використання є однією з ключових задач організаційно-технологічного проектування. Для забезпечення максимальної пропускної спроможності ГВС при збереженні якості виробів і мінімальних витрат на обробку використовуються підходи, засновані на типових і групових технологічних процесах.

Аналіз літературних джерел показує, що від раціонального вибору технічної й організаційно-технологічної структур гнучких виробничих модулів (ГВМ) багато в чому залежить ефективність функціонування ГВС у цілому. Тому ГВМ є ключовим елементом в процесі формування оптимальної організаційно-технологічної структури ГВС. Основу його технологічного компонування, як правило, складає групова технологічна операція, формування якої, у порівнянні з оптимальним проектуванням технологічних процесів, здійснюється відносно швидко (у 2 - 5 разів) і приводить до раціональних технологічних рішень у рамках ГВС.

З огляду на те, що процес створення організаційно-технологічної структури ГВМ реалізується при технологічній і організаційній підготовці виробництва, досягнення оптимального сполучення гнучкості і продуктивності системи обробки, як правило, ускладнено. Одним зі шляхів підвищення ефективності організаційних і технологічних рішень, що одержуються, є синтез компонування ГВМ на основі імітаційного моделювання в режимі реального часу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації є частиною наукового напрямку кафедри технології машинобудування і металорізальних верстатів Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", спрямованого на підвищення ефективності проектування, виготовлення та експлуатації агрегатованого металорізального устаткування, який входить в комплексні цільові науково-технічні програми України (КЦНТП-14 і КЦНТП-22). Робота виконувалась в рамках договору про творче співробітництво "Розробка організаційно-технічних і конструкторсько-технологічних рекомендацій з підвищення ефективності обробки деталей шпindelної групи шліфувального верстата" між кафедрою технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ "ХПІ" і ВАТ Харківський верстатний завод "ХАРВЕРСТ".

Мета і задачі дослідження. Мета роботи - підвищення продуктивності й економічної ефективності ГВМ шляхом побудови його раціональної організаційної і технологічної структур на основі групової технології. Підвищення економічної ефективності ГВМ базується на збільшенні його пропускної спроможності на основі багатоваріантності технологічних операцій, що підбираються шляхом імітаційного моделювання виробничої системи. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- формулюються принципи керування організаційною і технологічною структурами ГВМ на основі аналізу ходу виконання виробничого завдання в ГВС;
- розробляється математична модель інтерпретатора імітаційних моделей ГВМ, що функціонують на основі групової технології в режимі реального часу;
- розроблюються принципи створення моделей групових технологічних операцій і програм моделювання ГВМ;
- розроблюються підходи до аналізу часових і енергетичних характеристик ГВМ і синтезу їх організаційних і технологічних структур;

- розроблюється програмне забезпечення генератора імітаційних моделей виробничих модулів і системи автоматизованого проектування групових технологічних операцій (САПР ГРУППРОЦ);
- виконується аналіз впливу структурно-параметричних характеристик ГВМ на ефективність ГВС і підготовуються організаційні і технологічні пропозиції для підвищення ефективності існуючої системи обробки.

Об'єктом дослідження у роботі є організаційно-технічна і технологічна структури гнучкого виробничого модуля ГВС ОМР.

Предмет дослідження - структурні відносини, що виникають у ході організаційно-технологічного проектування і функціонування ГВМ.

Методи досліджень. Методологічною основою роботи є системний підхід до вивчення і опису процесу функціонування гнучкого виробничого модуля в гнучкій виробничій системі обробки різанням.

Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях теорії технології машинобудування, теорії імітаційного моделювання, теорії штучного інтелекту. При математичному моделюванні структури ГВМ використовувались методи теорії технологічної спадковості, теорії систем, теорії розпізнавання і векторної алгебри. Для аналізу структурних властивостей технологічних операцій застосовувались теорія груп і теорія відносин. Формалізація технологічних рішень здійснюється за допомогою фреймових і продукційних моделей подання знань. Обробка результатів експериментальних досліджень проводились з використанням дисперсійного і кореляційного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі системного аналізу методів реалізації технологічних процесів обробки різанням на гнучкому автоматизованому устаткуванні в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва вперше розроблені технологічні основи формування оптимальної технологічної й організаційної структур ГВМ, що дозволяють розширити технологічні можливості і підвищити техніко-економічні показники устаткування ГВС за рахунок оптимального керування структурою модуля на основі аналізу його часових і енергетичних показників у ході імітаційного моделювання роботи виробничої системи в режимі реального часу, це базується:

- на сформульованих на основі імітаційного моделювання в режимі реального часу принципах створення організаційних і технологічних структур ГВМ;
- на математичній моделі функціонування ГВМ, базою якої є теорія розпізнавання образів із самонавчанням на основі комбінованої інформації про властивості технологічної системи обробки різанням;
- на принципах адаптивного проектування організаційно-технологічної структури гнучкого виробничого модуля, що дозволяє підвищити продуктивність проектування і надійність одержання достовірних параметрів і структур ГВМ і, у цілому, економічну ефективність процесів проектування й експлуатації ГВС обробки різанням.

Практичне значення одержаних результатів. На основі узагальнень, теоретичних досліджень і розроблених математичних моделей підготовлений комплекс методичного, інформаційного, алгоритмічного і програмного забезпечення процесу проектування структури гнучкого виробничого модуля, що містить: методику створення програми моделювання роботи ГВМ; методику аналіз впливу структурно-параметричних характеристик ГВМ на ефективності ГВС; методику створення моделі групової технологічної операції; методику синтезу оптимальної організаційно-технологічної структури ГВМ на основі імітаційного моделювання ГВС у режимі реального часу.

Результати досліджень використані на етапі організаційно-технологічної підготовки виробництва в ВАТ Харківський верстатобудівний завод "ХАРВЕРСТ" для підвищення ефективності технічної, технологічної й організаційної структур ділянки механічної обробки деталей шпindelної групи шліфувального верстата. Одержаний економічний ефект складає 55301 гривня в цінах 2001 року.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися й одержали позитивну оцінку на міжнародній науково-технічній конференції (НТК) "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (12-14 травня 1997 р., м. Харків); на міжнародному науково-практичному семінарі (НТС) "Високі технології в машинобудуванні: тенденції розвитку, менеджмент, маркетинг" (24-28 вересня 1997 р., м. Алушта); на міжнародній НТК "Сучасні технології, економіка й екологія в промисловості, на транспорті й у сільському господарстві" (1998 р., 2001 р., Алушта); на міжнародній НТК "Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва" (25-28 травня 1998 р., м. Київ); на міжнародному НТС "Високі технології в машинобудуванні: сучасні тенденції розвитку" (20-25 вересня 1998 р., м. Алушта); microCAD '99 International Computed Science Conference (February 24-25, 1999, Miskolc, Hungary); на III міжнародній НТК "Фізичні і комп'ютерні технології в народному господарстві" (24-26 квітня 2001 р., м. Харків); на міжнародній НТК "Наука і соціальні проблеми суспільства: людина, техніка, технологія, навколишнє середовище" (14-16 травня 2001 р., м. Харків).

Публікації. За матеріалами роботи надруковані 8 науково-технічних статей і 3 тези доповідей.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків і 2 додатків. Повний обсяг дисертації 249 сторінок у тому числі: 93 ілюстрації по тексту, 13 ілюстрацій на 12 сторінках, 11 таблиць по тексту, 5 таблиць на 10 сторінках, 2 додатків на 19 сторінках, список з 157 використаних літературних джерел на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Огляд літературних джерел у *першому розділі* показав, що гнучкий виробничий модуль є ключовим елементом у комплексній системі автоматизації організаційно-технічної і технологічної підготовки виробництва.

Враховуючи те, що технологічне устаткування займає не менш 50% від загальної собівартості створення ГВС, його раціональний вибір є однією з ключових задач організаційно-технологічного проектування ГВС. У роботах А.П. Волощенко, Г.К. Горанського, А.И. Дашенко, В.В. Душинського, М.М. Капустіна, В.Є. Карпуся, Р.А. Кютнера, И.М. Макарова, С.П. Митрофанова, О.М. Михайлова, В.М. Пономарева, Е.С. Пуховського, Ю.М. Соломенцева, Ю.В. Тимофієва, В.Д. Цветкова, О.М. Шелкового, Л.С. Ямпольського й ін. досліджені різні аспекти технологічного й організаційно-технічного проектування виробничих механооброблюючих систем з високим рівнем автоматизації. У той же час подальше дослідження шляхів підвищення ефективності ГВС, як і раніше, залишається актуальною задачею як з погляду підвищення гнучкості виробництва, так і з погляду збільшення номенклатури і якості виробів, що виготовляються. І в цьому процесі ключовим є організаційно-технологічне проектування її структури.

Аналіз сучасних методологій проектування ГВС вказує на те, що на різних етапах можуть застосовуватися різні типи моделей. Вони відрізняються друг від друга складністю, обсягом необхідним даних, типом і характеристиками необхідними для їхньої реалізації на ЕОМ, областю застосування і точністю результатів.

Встановлено, що найбільш точні результати дослідження ГВС дають імітаційні математичні моделі в режимі реального часу, однак вони, як правило, не є оптимізаційними. Тому визначені основні напрямки їхнього подальшого розвитку й удосконалювання на основі інтеграції технологічного, організаційного і технічного проектування ГВМ на основі оптимізації його компонування.

Таким чином, сформульовані мета і задачі дисертаційної роботи і визначені основні методи організаційно-технологічного проектування ГВМ з обліком необхідності оптимізації його організаційно-технологічної структури в умовах, що максимально наближені до виробничих.

В *другому розділі* описано організаційно-технічну і технологічну структури ГВМ, що впливають на вибір оптимальних рішень.

Склад зовнішніх і внутрішніх характеристик ГВМ, керування якими дозволяє формувати ГВС у цілому, можна подати у вигляді мережі (рис. 1),

$$\Omega = \omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_{15},$$

де індекси при символі ω відповідають номерам елементів і зв'язків на рисунку 1.

Рис. 1. Функціональні зв'язки в середині ГВМ.

Це дозволило класифікувати задачу групування технологічних процесів з позицій кластера-аналізу великих систем і говорити про комбінований характер інформації, що призначена для синтезу ГВС ОМР. На підставі цього зроблене припущення про те, що система розпізнання образів (СРО) ГВС ОМР є складної однорівневою системою із самонавчанням на основі комбінованої інформації.

Для процесів механічної обробки в гнучких виробничих модулях в основному характерна послідовна обробка окремих (як правило, елементарних - ЕП) поверхонь і паралельна обробка декількох заготовок.

Рис. 2. Приклад розташування ГЕП на об'єкті обробки.

Істотний вплив на формування структури системи обробки ЕП робить взаємовплив характеристик окремих поверхонь у процесі їхньої послідовної обробки. Якщо розглядати зв'язаність поверхонь у контексті зміни хоча б однієї з характеристик (положення, форми, розмірів і т.д.) кожної з оброблюваних поверхонь під впливом суміжних з нею поверхонь, тоді об'єкт обробки можна подати у виді групи зв'язаних елементарних поверхонь (ГЕП, рис. 2).

З огляду на це визначено принципи взаємодії елементів ГВМ при перетворенні характеристик заготовки в характеристики деталі і сформульовані цільова функція й обмеження на процес його організаційно-технологічного проектування (2):

$$\left. \begin{aligned} & \left\{ \begin{array}{l} \forall_{k=1}^{кво} k \parallel \min \overline{z_{k,j}} \\ \forall_{i=1}^{кво} i \parallel \min \left(\sum_{j=1}^{кп} кпр_{i,j} \right) \end{array} \right\} \\ & \forall_{j=1}^{кп} \exists_{t \in кпр_j} X_{етп_{j,t}} = F_t \left(\bigcap_{i=1}^{j-1} X_{еп_i^t}, \bigcap_{i=j}^{t-1} X_{еп_i^{t-1}}, CT_j^t \right) \dots \\ & \dots X_{еп_j^{t-1}} = P_{t-1} \left(\bigcap_{i=1}^{кп} X_{етп_{i,t-1}}, X_{еп_j^{кпр_j}}, CT_j^{t-1} \subset X_{детп_j} \right) \\ & X_{эп_j^t} = P_t \left(X_{етп_{j,t}}, X_{еп_j^{кпр_j}} \right) \\ & X_{геп^t} = \left\{ \bigcap_{j=1}^{кп} X_{еп_j^t}, \bigcap_{j=1}^{кп} CT_j^t \right\} \\ & X_{детп_j} = X_{др_{i,j}}, X_{деп_j}, X_{дст_j}, X_{дро_j} \end{array} \right\},$$

де $\overline{z_{k,i}^j}$ - вектор напрямку перетворення характеристик деталі в характеристики заготовки;
 k - номер варіанта обробки j -ї ЕП у ГЕП, для якої вектор $\overline{z_{k,i}^j}$ має мінімальну довжину; i - номер варіанта обробки ГЕП, у якому кількість переходів обробки мінімальна; $j=1, KP$ - кількість ЕП у групі; t - номер технологічного переходу (етапу обробки) на j -у ЕП; k_{prj} - кількість елементарних технологічних переходів обробки j -ї поверхні у групі; $X_{геп}^t$ - характеристики групи елементарних поверхонь на t -му етапі обробки; $X_{еп}^j$ - характеристики j -ї ЕП у групі на t -му етапі обробки; CT_j^t - розмірні і кутові зв'язки j -ї ЕП на t -му етапі обробки з іншими поверхнями в групі; $P_t(\dots)$ - вплив на процес одержання характеристик j -ї ЕП на t -му елементарному технологічному переході з боку поверхонь, що отримані на t -му етапі обробки і номери і мають у ГЕП номери менші за номер оброблюваної поверхні; $P_{t-1}(\dots)$ - вплив на процес одержання характеристик j -ї ЕП на t -му елементарному технологічному переході з боку поверхонь, що отримані на $(t-1)$ -му етапі обробки і мають у ГЕП номери більші за номер оброблюваної поверхні; $X_{етп}_{j,t}$ - характеристики t -го переходу на j -у поверхню; $X_{Детп}_j$ - припустима множина станів технологічних переходів при обробці j -ї поверхні; $X_{Дрі}_j$ - припустима множина станів елементарних різальних інструментів при обробці j -ї поверхні; $X_{Деп}_j$ - припустима множина станів j -ї елементарної поверхні при переході зі стану "0" - "вихідна заготовка" у стан "КП" - "деталь"; $X_{Дст}_j$ - припустима множина кутових і розмірних зв'язків j -ї оброблюваної поверхні й елементарного інструмента, що ріже; $X_{Дро}_j$ - припустима множина режимів обробки j -ї ЕП.

Третій розділ дисертації присвячений рішенням задачі оптимального організаційно-технічного і технологічного проектування ГВС ОМР на основі комплексної оптимізації характеристик елементів ГВМ (рис. 3).

Рис. 3. Структура системи організаційно-технологічного проектування і керування ГВС ОМР.

Рис. 4. Типова компоновочна схема ГВМ.

З огляду на зв'язки між ГВМ усередині ГВС, можна побудувати функціональну схему їхнього перетворення в рамках процесу формування групової технологічної операції. При цьому ГВМ виділений як ключовий елемент ГВС (рис. 4). де 1 - магазин верстатних систем; 2 - станція завантаження – вивантаження; 3 - станція налагодження (станція оператора); 4 - станція транспортування на піддонах; 5 - конвеєр для видалення стружки; 6 - станція механічної обробки; 7 - комплекс ВТМ.

Тоді з урахуванням загальної задачі оптимізації ГВМ (2), опис математичної моделі функціонування його технологічної, організаційної і технічної складових можна подати у виді правил логічного висновку, що базуються на теорії предикатів і формальному представленні його можливих станів:

$$\left(\begin{array}{l}
 \bigwedge_{l=1}^{KПД} x_1^l \bigwedge_{m=1}^{KП_1} x_1^{1,m} \exists x_5 \bigwedge_{l=1}^{1,m} x_4^{1,m} \bigwedge_{l=1}^{1,m} x_1^{1,m} \dots \wedge \left[\begin{array}{l}
 \Pr^P \vee \Pr^r \vee \Pr^f \vee \Pr^s \wedge \dots \\
 \dots \wedge x_5^{1,m} \bigwedge_{l=1}^{1,m} x_4^{1,m} \bigwedge_{l=1}^{1,m} x_1^{1,m}
 \end{array} \right] \Rightarrow \dots \\
 \dots \Rightarrow \left[\begin{array}{l}
 ETC_{i,m} = \dots \\
 \dots = x_1^{1,m} \otimes x_4^{1,m} \\
 \dots \subset TCM_1
 \end{array} \right] \subset \dots
 \end{array} \right) \quad (3)$$

де \Pr^P - правило перетворення відносного положення ЕП; \Pr^r - правило перетворення розмірів ЕП; \Pr^t - правило зміни точності розмірів ЕП; \Pr^f - правило перетворення форми ЕП; \Pr^s - правило перетворення стану поверхневого шару ЕП; $[x_5]$ - мінімально припустима продуктивність обробки; $x_5^{1,m}$ - режими різання (продуктивність ГВМ) при обробці l-ї ЕП на m-му етапі; $x_4^{1,m}$ - різальний інструмент, що використовується при обробці l-ї ЕП на m-му етапі; TCM_1 - система обробки l-ї ЕП; $ETC_{i,m}$ - система обробки l-ї ЕП на m-му етапі; \otimes - знак взаємодії елементів системи обробки.

У якості математичної моделі функціонування ГВМ використана часова мережа Петрі (рис. 5), у якій стан елементів модуля задається орієнтованим біграфом N :

Рис. 5. Приклад керуючої мережі, що описує функціонування одноверстатного ГВМ.

$$N = \langle T, P, I, O \rangle$$

де $T = \{t_j\}$ - кінцева множина вершин, що задається переходами з однієї технологічної операції на іншу; $P = \{p_i\}$ - кінцева множина вершин, що задається станами основних і допоміжних технологічних операцій; $I: T \times P \rightarrow \{0,1\}$ - функція проходження; $O: P \times T \rightarrow \{0,1\}$ - функція передумови.

У якості позиції в моделі використана станція механічної обробки (верстат) і транспортно-накопичувальна система ГВМ (нагромаджувач). Переходами в ній є процеси, зв'язані з переміщенням заготовок, інструмента й оснащення.

Керування процесами і ресурсами ГВМ виконується шляхом зіставлення дугам біграфа N керуючих параметрів. Кожній дузі a_{ij} , спрямованій з позиції p_i до переходу t_j , зіставляється значення $c_{ij}^k \in X_k$, що визначається умовою порушення переходу t_j по вхідній у нього дузі a_{ij} , де X_k - множина припустимих значень k-го атрибута мітки. Умова порушення переходу t_j визначається функцією

$$U(t_j) = \forall p_i \in PRE(t_j) \exists n_s \in \mu_{d_k} \exists c_{ij}^k \in r_k$$

де r_k - відношення порядку між атрибутами d_k множини D .

Якщо $U(t_j) = 1$, то t_j збуджується. Час між моментами порушення переходів t_j і їхнім спрацьовуванням задається відображенням $\tau: T \times D_t \rightarrow R_0$, де $d_t \in D_s$ - атрибути мітки (час обробки на верстаті і час транспортування - t_{pj}), що керують часовими параметрами мережі (рис. 5).

В інтервалі між порушенням і спрацьовуванням переходів мітки закріплюються за ними, знаходячись у "нейтральному" стані стосовно всіх елементів мережі, крім даного переходу. При спрацьовуванні переходу здійснюється пересилання міток у позиції $POST(t_{ij})$, що йдуть за t_j . Дугам a_j наступним з переходів у позиції, привласнюються функції φ_{ji} , що визначають операції над параметрами описувачів D_s тих міток, що беруть участь у порушенні t_j (розрахунок часів роботи транспортно-накопичувальної системи й обробки на верстаті).

В якості моделі технологічного компоунування ГВМ прийнята модель групової операції на основі кластера-аналізу характеристик об'єктів, що групуються. Для цього використаний алгоритм класифікації на основі критерію мінімальної відстані по наборі точок із заданою класифікацією. У процесі його реалізації обчислюються точки-прототипи. Потім можуть бути класифіковані нові точки за допомогою вирішальних функцій, побудованих на базі цих прототипів.

Таким чином, по точці-прототипу будується вектор ваг, що використовується для визначення вирішальної функції - гіперплощини.

Пропонований алгоритм відомий як *граничний алгоритм* (threshold algorithm). Критерієм віднесення образу до якого-небудь класу служить гранична відстань T . Якщо образ знаходиться в межах відстані R від деякого прототипу, то він буде віднесений до даного кластера. Якщо ж розглянутий образ знаходиться від будь-якого прототипу далі, ніж на відстань R , вона стає новим прототипом. Точка-прототип визначається за схемою (рис. 6):

$$r_{j,i} = \|x_i - x_j\| \quad \left| \begin{array}{l} B_j = \frac{\sum_{i=1}^N b_{j,i}}{N-1} \\ R_j = \frac{1}{B_j} \end{array} \right. \Rightarrow X_1 = \min \text{ sort } B$$

$$b_{j,i} = \frac{1}{r_{j,i}}$$

Рис. 6. Схема граничного алгоритму:
 x_i, x_j - значення параметра в точках i та j .

◆ Обчислюємо відстань $r_{j,i}$ від крапки j до будь-якої іншої крапки множини $N - i$.

◆ Визначаємо значення критерію близькості $b_{j,i}$ об'єкта j до будь-якого іншого об'єкта i множини N ($i \in N$).

◆ Обчислюємо критерій близькості (B) точки з індексом j до всіх інших точок множини N .

◆ Визначаємо середній радіус

зв'язку (R) j -й крапки з іншими точками простору характеристик N .

◆ Сортуємо масив B по зростанню значень характеристик у ньому і визначаємо вихідний образ прототипу (X_1), як елемента даного масиву з мінімальним значенням. Тоді значення образу X_1 є мірою входження в клас T_1 , а загальна умова входження k -й точки в клас t_1 має вигляд:

$$\forall \exists x_k \mid x_k \in T_1 \mid \left(\left\| x_k \right\| \leq X_1 + R_{X_1} \wedge \left\| x_k \right\| > X_1 - R_{X_1} \right) . \quad \text{6}$$

◆ Підмножину точок x_k , що залишилась і не ввійшли в клас T_1 , позначаємо через N_1 . Після чого для елементів вибірки N_1 виконуємо розрахунки за схемою (рис. 6).

Процес класифікації продовжується доти, поки одержувана залишкова множина N_k після k -го етапу класифікації не виявиться порожньою.

У *четвертому розділі* визначаються основні положення методики проектування організаційно-технологічних структур гнучких виробничих модулів на засаді групової технології.

Розроблено методику створення імітаційної моделі функціонування ГВМ у режимі реального часу.

Процес створення імітаційної моделі ГВМ (рис. 7) розділяється на ряд етапів

Аналіз об'єкта моделювання. На цьому етапі необхідно усвідомити, які параметри модуля ми хочемо одержати і, отже, моделювання яких вузлів і механізмів необхідно вико-

нати в першу чергу. У розглянутому прикладі як об'єкт дослідження представлений процес взаємодії верстата (поз.2), тактового столу (поз.3) і портального робота (поз.4) спрямований на одержання деталі у вигляді східчастого валика.

Рис. 7. Планування гнучкого обробного модуля токарського типу моделі БРСК-01:

1 - траверсу робота портального типу; 2 - токарський верстат із ЧПК моделі 1В340Ф30; 3 - поворотно-ділильний стіл моделі УХ20.34.020; 4 - дворукий робот портального типу моделі М20Ц.05.02; 5 - шафа з електроустаткуванням; 6 - огороження модуля.

Розробка інформаційної бази моделювання. Цей етап складається з декількох взаємно зв'язаних кроків:

- Розробка циклограми роботи вузлів об'єкта, що моделюється. Цей крок спрямований на створення схеми переміщення вузлів і механізмів систем, що моделюються, а так само перетворення об'єкта обробки з заготовки в деталь (рис. 8). На схемі окружностями показані стани об'єктів імітації, відрізками ліній - переходи від одних станів до інших, пунктирними лініями поєднуються в одне різні стани об'єктів імітації.

Рис. 8. Функціональна схема ГВМ БРСК-01.

- Визначення параметрів переміщуваних і стаціонарних об'єктів, а також довжин їхніх переміщень і кутів повороту в процесі імітації. Для реалізації цього кроку розроблений спеціальний графічний векторний редактор (LCad), у якому виконані всі зображення. Величини переміщень вузлів і механізмів визначаються в збільшеннях і "прив'язані" до системи координат основного зображення (верстата, рис. 7). Інформація, отримана шляхом аналізу функціональної схеми ГВМ БРСК-01 (рис. 8), а також паспортів верстата, робота і поворотно-ділильного столу, фрагментарно представлена в табл. 1.

Розробка структури імітаційної моделі ГВМ. На цьому етапі загальна задача моделювання ГВМ розбивається на ряд окремих задач у відповідності з наступними критеріями:

- чи носять дії вузлів механізмів у процесі виконання заданих функцій автономний характер (наприклад, завантаження заготовками поворотно-ділильного столу);
- чи виконуються роботи декількома вузлами, що починаються одночасно, але не синхронізуються між собою за часом, а наступні дії ГВМ визначаються закінченням однієї з найбільш тривалих робіт (наприклад, позиціонування поворотно-ділильного столу і переміщення руки робота в зону захоплення);
- чи не підпадають дії якого-небудь вузла чи механізму під перелік робіт, описуваних операторами: **Поворот, Пауза, Сдвиг, Команда.**

У розглянутому прикладі (рисунки 8, 9) групи перетворень: **Завантаження столу заготовками (AM₁); Завантаження верстата заготовкою, Обробка, Розвантаження верстата від деталі (AM₂); Розвантаження столу від деталей (AM₃)** можна виділити в окремі (незалежні) алгоритми (у рамках файлу з розширенням GPM).

Розробка імітаційної моделі ГВМ. На цьому етапі створюється моделююча програма (з розширенням *.GPM), що надалі працює у рамках системи імітаційного моделювання ГВС.

Тоді програма моделювання БРСК-01.GPM буде мати вигляд (табл. 2).

Отримана інформація вбудовується в підсистему імітаційного моделювання ГВС, у рамках якої функціонує розглянутий модуль (на рис. 9 виділений окружністю). Це дозволило визначити принципи і розробити методіку формування групової технологічної операції в рамках концепції проектування організаційно-технологічної структури ГВМ. Для наступного групування виробів і технологій їхнього виготовлення розроблена підсистема наскрізного введення інформації про об'єкт обробки.

Таблиця 1.

Фрагменти аналітичної і графічної інформації про об'єкт

МОДЕЛЮВАННЯ.

Стан об'єкта моделювання	Зображення	Параметри положення / переміщення об'єкта моделювання (у приростках)
Початкове положення верстата		X=0 м Y=0 м кут =0°
Поворот огорождення		кут=90°

У *п'ятому розділі* виконано аналіз діючого виробництва в ВАТ "ХАРВЕРСТ", підготовлена імітаційна модель ділянки механічної обробки деталей шпіндельної групи верстата і проведено імітаційне моделювання поведінки виробничої системи з використанням автоматизованого й універсального устаткування з ручним керуванням, у результаті чого визначені вузькі місця виробничої ділянки.

Таблиця 2.

Фрагмент програма моделювання ГВМ БРСК-01.

[Init] имя=модуль БРСК-01 с порталным роботом 0=1В340Ф30 1=Ограждение 2=Стол 3=Портал 4=Робот 5=ОбъектОбработки	[Ограждение] X=2,857 Y=-1,085 угол=0 рисунок=1 [Стол] X=2,571 Y=-0,343 угол=22,5 рисунок=2 [Портал] X=-2,457 Y=0,257 угол=0 рисунок=3 [Робот] X=2,429 Y=0 угол=0 рисунок=4	[ОбъектОбработки] X=0 Y=0 угол=0 рисунок=8 [Загрузка] Условие,Put,35= Задержка,8= ... Рисунок,Ограждение,1= Поворот,Ограждение,90,10,1,0.5= Цикл,1,Size= Поворот,Стол,45,15,1= Пауза,Ограждение,3,0.5= Рисунок,Ограждение,1= Поворот,Ограждение,-90,10,0.5= END= [Разгрузка] END=
[Files] 0=1В340Ф30.2d 1=1В340Ф30_1.2d 2=ух20.34.020.2d 3=M20Ц.05.02.2d 4=M20Ц.05.02_1.2d 5=M20Ц.05.02_2.2d 6=M20Ц.05.02_3.2d 7=M20Ц.05.02_4.2d 8=Pusto.2d 9=Заготовка.2d 10=Деталь.2d		
[1В340Ф30] X=0 Y=0 угол=0 рисунок=0		

Рис. 9. Панель настроювання імітаційної моделі ГВМ БРСК-01.

Виявлено основні фактори, що дозволяють підвищити ефективність діючого виробництва, і запропоновані рекомендації з підвищення ефективності виробничої ділянки на основі автоматизації і механізації допоміжних робіт і їхньої структурної перебудови в рамках робочого місця.

ВИСНОВКИ

1. В роботі наведені теоретичне узагальнення і рішення актуальної науково-технічної задачі, що полягає в створенні й оптимальній зміні в часі організаційно-технологічного компонування ГВМ, що дозволило забезпечити максимальну пропускну здатність ГВС ОМР при мінімальних витратах на її проектування, виготовлення й експлуатацію на основі застосування методів штучного інтелекту й імітаційного моделювання в режимі реального часу.
2. Загальний підхід до рішення сформульованих задач реалізований на основі уявлень про організаційно-технологічну структуру ГВМ, як про складну ієрархічну систему, що володіє технологічною, організаційною і технічною гнучкістю.
3. У якості критерія оцінки ефективності організаційно-технологічних перетворень ГВМ використані витрати енергії на обробку і транспортування, тривалість виконання виробничого завдання і середня пропускну здатність ГВС.
4. Зниження витрат на виробничий процес досягається за рахунок раціональної автоматизації допоміжних операцій у рамках ГВМ, раціонального підбора їхньої номенклатури, оптимальних типорозмірів і переміщень вузлів, що використовуються у ГВМ, оптимальної концентрації групових технологічних операцій у рамках окремих модулів. Для цього використані принципи керування процесом синтезу структури ГВМ під час імітаційного моделювання ГВС і ієрархічна автоматична класифікація групових технологічних операцій на основі теорії розпізнавання образів.
5. Синтез організаційно-технологічної структури ГВМ базується на оригінальних методиках створення групових технологічних операцій і моделюванні процесу функціонування ГВМ у режимі реального часу. Вони реалізовані у вигляді програмно-методичного комплексу, що складається з генератора імітаційних моделей виробничих модулів і підсистеми автоматизованого проектування групових технологічних процесів.
6. Методика використана для розробки технічного завдання на гнучку автоматизовану ділянку механічної обробки шпindelної групи верстата в умовах діючого виробництва в ВАТ Харківський верстатобудівний завод "ХАРВЕРСТ". Показано, що основними факторами, що дозволяють підвищити ефективність діючого виробництва, є автоматизація і механізація допоміжних робіт. Економічний ефект від впровадження запропонованих рекомендацій складає 55301 гривню.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шелковой А.Н., Буренков М.В. Групповое производство как организационно-технологическая основа повышения производительности гибких производственных систем // "Резание и инструмент в технологических системах", международный научно-технический сборник № 51.-1997.-С.240-242
2. Шелковой А.Н., Загребельный В.Н., Буренков М.В. Теория распознавания образов как основа автоматизации проектирования групповой обработки металлов резанием // "Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва". Праці Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 100 річчю механіко-машинобудівного і 50 річчю зварювального факультетів 25-28 травня 1998 р., НТУ України "КПІ". -Том II, Ки?в.-1998.-С.185-189
3. Шелковой А.Н., Загребельный В.Н., Буренков М.В. Математические аспекты группирования при проектировании обработки металлов резанием // "Високі технології в машинобудуванні". Збірник наукових праць ХДПУ, Харків.-1997.-С.262-264
4. Шелковой А.Н., Загребельный В.Н., Буренков М.В. Математическая модель технологической наследственности при формировании маршрутов обработки элементарных поверхностей // "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я". Збірник наукових праць ХДПУ, Харків.-1997.-С.430-438

5. Шелковой А.Н., Буренков М.В., Яковлев С.Ю. Генератор имитационных моделей производственных модулей //Вісник інженерної академії України, в 2-х частинах, частина 1, КВ № 2635, № 3, Київ, 2001. -С.285-291
6. Буренков М.В. Подсистема ввода информации об объекте обработки в системе имитационного моделирования ГПС //Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": Збірка наукових праць. Тематичний випуск №10: Технічний прогрес та ефективність виробництва. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2001. -С.207-213.
7. Шелковой А.Н., Загребельный В.Н., Буренков М.В. Принципы структурно-параметрического анализа систем обработки металлов резанием //“Високі технології в машинобудуванні”. Збірник наукових праць ХДПУ, Харків,1998.-С.306-310
8. Шелковой О.М., Загребельный В.М., Буренков М.В. Адаптивное проектирование технологических процессов в гнучких виробничих системах // Вестник Харьковского государственного политехнического университета: Машиностроение, Харьков, 1999, выпуск № 54. -С.48-61
9. Загребельный В.Н., Буренков М.В., Шипошш И. Технологическое обеспечение прогнозируемого пятна контакта центральных передач тракторов // microCAD '99 International Computed Science Conference (February 24-25, 1999), Miskolc, Hungary, 1999.-С.157-170
10. Шелковой А.Н., Буренков М.В. Структурно-функциональная схема имитационного моделирования производственных систем в режиме реального времени //Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": Збірка наукових праць. Тематичний випуск №6: Технологія в машинобудуванні. - Харків: НТУ "ХПІ".- 2001. С.306-313
11. Гуцаленко Ю.Г., Буренков М.В. Энергоемкость алмазного шлифования наплавки кругами на металлической связке //Резание и инструмент в технологических системах. - Межд. Научн.-техн. сборник. - Харьков: ХГПУ, 2001, вып.59.-С.45-51

АНОТАЦІЇ

Буренков М.В. Синтез структур гнучких обробних модулів на основі імітаційного моделювання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.02.08. – технологія машинобудування. Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". Харків 2002 рік.

Захищається робота, метою якої є підвищення якості, продуктивності й економічній ефективності гнучких виробничих систем обробки різанням за рахунок підвищення організаційно-технічної і технологічної ефективності гнучких виробничих модулів (ГВМ) на основі імітаційного моделювання в режимі реального часу.

Для досягнення поставлених цілей виконана класифікація задач проектування ГВМ і систематизація критеріїв ефективності одержуваних рішень. Створено систему розпізнавання технологічних образів на рівні гнучкого виробничого модуля. Розроблено методику оптимального організаційно-технологічного проектування структури і параметрів ГВМ у режимі реального часу на основі методології групової обробки.

У математичній моделі гнучкого виробничого модуля використані методи теорії систем, штучного інтелекту, теорії розпізнавання, імітаційного моделювання і векторної алгебри. Для аналізу структурних властивостей технологічних процесів застосована теорія груп і теорія відносин. Формалізація технологічних рішень здійснена за допомогою фреймових і продукційних моделей представлення знань.

Ключові слова: гнучкий виробничий модуль, імітаційне моделювання, груповий технологічний процес, енергетичні затрати.

Буренков М.В. Синтез структур гнучких оброблюваних модулів на основі імітаційного моделювання. – Рукопис.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08. – технология машиностроения. Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт". Харьков 2002 год.

Защищается работа, целью которой является повышение качества, производительности и экономической эффективности ГПС обработки резанием за счет повышения организационно-технической и технологической эффективности гибких производственных модулей (ГПМ) на основе имитационного моделирования в режиме реального времени.

Для достижения поставленных целей выполнены классификация задач проектирования ГПС и систематизация критериев эффективности получаемых решений. Создана система распознавания технологических образов на уровне гибкого производственного модуля. Разработана методика оптимального организационно-технологического проектирования структуры и параметров ГПМ в режиме реального времени на основе методологии групповой обработки.

В математической модели гибкого производственного модуля использованы методы теории систем, искусственного интеллекта, теории распознавания, имитационного моделирования и векторной алгебры. Для анализа структурных свойств технологических процессов применены теория групп и теория отношений. Формализация технологических решений осуществлена с помощью фреймовых и продукционных моделей представления знаний.

Для обеспечения процесса имитационного моделирования поточного не автоматизированного производства разработана модель нормирования вспомогательных операций на основе поэлементного нормирования и на ее основе подготовлена методика расчета вспомогательного времени для групповых операций механической обработки резанием.

Методика проектирования реализована в виде подсистемы САПР/АСУ, в рамках которой разработаны пакеты программ имитационного моделирования ГПМ и создания групповых технологических операций (САПР ГРУПППРОЦЕС). Программный комплекс выполнен в виде набора независимых модулей, позволяющих выполнять в автономном режиме отдельные этапы процесса подготовки модели гибкого производственного модуля.

Расчет режимов резания, формирование операционной технологии для групповых операций механической обработки резанием осуществляется в независимых системах, а информация передается в систему имитационного моделирования через файловую систему и буфер обмена данными ОС Windows-9x.

Выполнен анализ существующего производства на основе имитационного моделирования поточного многономенклатурного производства. Разработана модель гибкого производственного участка, заменяющего существующие производственные мощности, определена рациональная структура его основного и вспомогательного оборудования, выполнен расчет основных показателей функционирования ГПМ.

Достоверность методик и моделей проектирования подтверждена внедрением методики типизации и унификации элементов технической, технологической и организационной структур участка, автоматизации расчета технологических процессов механической обработки деталей, нормированию вспомогательного времени на их обработку на этапе организационно-технологической подготовки производств при создании технического задания на гибкий автоматизированный участок обработки деталей шпиндельной группы шлифовальных станков в ОАО Харьковский станкостроительный завод "ХАРВЕРСТ". Экономический эффект от внедрения предложенных рекомендаций составил 55301 гривну.

Ключевые слова: гибкий производственный модуль, имитационное моделирование, групповой технологический процесс, энергетические затраты

Burenkov M.W. The Syntheses of structures flexible processing modules on base simulation. - Manuscript.

The thesis for a technical sciences candidate's degree in speciality 05.02.08. – engineering technology. - National technical university "Kharkov polytechnical institute", Kharkov, 2002.

It Is Protected work, will aim which is increasing of quality, capacity and cost-performance FPM processing the metals by cutting to account of integration's of functions of technological designing (on the base of technology of group processing) with functions of management FPM. Increasing a cost-performance of area FPM is based on increase of its reception capacity to account multiversion's technologies of processing on base of development of strategy of adaptive technological designing.

For achievement supplied whole they are executed categorization of problems of designing FPM and systematization of criterions of efficiency of got decisions. System of recognition of technological images is Created at a rate of flexible production module. It Is Designed strategy optimum organizing-technological designing the structure and parameters FPM in mode of real-time for base of methodology of group processing.

In mathematical model of flexible production module are used the methods of theory of systems, machine intelligence, theories of recognition, simulation modeling and vector algebra. The theory of groups and theory of relations are applying For analysis of structured characteristics of technological processes. The Formalization of technological decisions is realized by means of frame-based and rule-oriented models of presentation of knowledge's.

Mathematical models of simulation modeling of production module and termwise standertization of auxiliary time is Designed for worker place. They Are Prepared and approved strategies of development of models of flexible production modules and are run for their base an analysis and syntheses organizing-technological structures of production systems.

The Keywords: flexible production module, simulation modeling, group technological process, energy expenseses.

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доцент Пермяков О.А.

Підп. До друку 15.05.2002р.

Формат видання 145×215.

Формат паперу 60×90/16.

Папір ксероксний 80 г/м².

Друк - ризографія.

Обсяг 0,9 авт.арк.

Наклад 100 прим.

Зам. № 7760

ТОВ Курсор, Харків, пров. Театральний 11/13, к. 505, т. (0572) 14-38-74
