

UDC 004.896(075.8)

Palchevskiy Bogdan, DThSc., Prof
Honored Worker of Science and Techniques of
Ukraine

Lutsk National Technical University / Ukraine

PRINCIPES OF CONSTRUCTION OF INTELLECTUAL FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS (IFMS)

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ (ІГВС)

Abstract: *Annotation: Manufacturing facilities employing the elements of intellectual technologies can be encountered in various industries. The given paper provides examples of intelligent devices of manufacturing packaging systems. It shows how to maintain operational performance in case of unforeseen changes in the properties of an intelligent manufacturing system by changing the operation algorithm, changing the program behavior or searching for optimal or effective solutions and states during operation.*

Keywords: *intelligent technology, expert system, technological complex, adaptive management.*

INTRODUCTION AND PROBLEM STATEMENT

The development and use of advanced information technologies at all levels of manufacturing management allows you to go to the intellectual of the technological equipment. Any manufacture task, for which there is an unknown algorithm for its solution, can be attributed to the intellectual. To solve this problem it is necessary to create an appropriate knowledge base and apply mean of artificial intellectual [1, 3, 5, 7].

LITERARY ANALYSIS

Summarizing the arguments of many researchers [4,6,7], it can be argued that the manufacturing system becomes intellectual, if decision tasks of manufacturing, it operates without having an exact algorithm for solving the problem. It adapts for work in external conditions varying with time, based on the appropriate knowledge base that allow you to create the adaptation algorithm.

MAIN ARTICLE

For this automatic control system (ACS) must be suitable for working with knowledge bases [2,6], that is to become intellectual ACS (Fig. 1).

It follows that intellectual manufacturing system can be divided into two modules - "mechanical" and "intelligent".

As rule, under the mechanical module refers to flexible manufacturing system that implements the physical actions on product and has potential capabilities to adapt when changing function conditions.

Анотація: *Виробничі комплекси з елементами інтелектуальних технологій можна зустріти в різних галузях промисловості. Наведені приклади інтелектуальних пристроїв виробничих систем пакування. Показано як організовано збереження працездатності при непередбачених змінах властивостей інтелектуальної виробничої системи шляхом зміни алгоритму функціонування, зміна програми її поведінки або пошуку оптимальних або ефективних рішень і станів при функціонуванні.*

Ключові слова: *інтелектуальна технологія, експертна система, технологічний комплекс, адаптивне керування*

ВСТУП І ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розвиток і використання передових інформаційних технологій на всіх рівнях управління виробництвом дозволяє перейти до інтелектуалізації технологічного устаткування. Будь-яке виробниче завдання, для якого є невідомим алгоритм його вирішення, може бути віднесене до інтелектуальних. Для вирішення такого завдання необхідно створити відповідну базу знань і застосувати засоби штучного інтелекту [1, 3, 5, 7].

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Узагальнюючи міркування багатьох дослідників [4,6,7], можна стверджувати, що виробнича система стає інтелектуальною, якщо при вирішенні завдань виробництва, вона діє, не маючи точного алгоритму вирішення проблеми. Вона адаптується для роботи в зовнішніх умовах, що змінюються з часом опираючись на відповідну базу знань, які дозволяють створити алгоритм адаптації.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

Для цього системи автоматичного контролю (САК) повинні бути придатними для роботи з базами знань [2,6], тобто стати інтелектуальними САК (рис.1).

Звідси випливає, що інтелектуальну виробничу систему можна умовно розділити на два модулі - «механічний» і «інтелектуальний».

Як правило, під механічним модулем розуміється гнучка виробнича система, яка реалізує фізичні дії на виріб і має потенційні можливості до адаптації при зміні умов функціонування.

Інтелектуальний модуль інтелектуальної

Intellectual module of intellectual manufacturing system should include knowledge base and provide adjustments of program functioning when changing external conditions. It allows you to modify, based on the use of artificial intelligence as parameters of the functioning of intellectual manufacturing systems, and their structure.

Combining mechanical and intelligent modules provides getting intellectual flexible manufacturing system (IFMS).

First intellectual ACS, what combining the methods of traditional systems of automatic control and knowledge engineering, became expert systems (ES). The simplest intellectual ACS can, for example, consist of a conventional ACS and base of productive rules [6].

виробничої системи повинен включати базу знань і забезпечувати коректування програми функціонування при зміні зовнішніх умов. Він дозволяє змінювати на основі використання засобів штучного інтелекту як параметри функціонування інтелектуальних виробничих систем, так і їх структуру.

Об'єднання механічного і інтелектуального модулів забезпечує отримання інтелектуальної гнучкої виробничої системи (ІГВС).

Першими інтелектуальними САК, що об'єднали в собі методи традиційних систем автоматичного управління та інженерії знань, стали експертні системи (ЕС). Найпростіші інтелектуальні САК можуть, наприклад, складатися зі звичайної САК та бази продукційних правил [6].

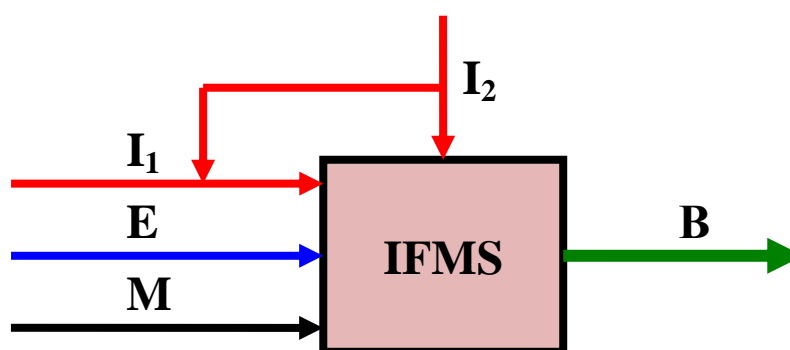


Fig. 1. Scheme of interaction of streams of IFMS, authors':

M – material flow, E – energetic, I_1 – management information, I_2 – organization of information functioning of IFMS, W- ware / *Схема взаємодії потоків в ІГВС, авторська розробка : M – матеріальний потік, E – енергетичний, I_1 – інформація керування, I_2 – інформація організації функціонування ІГВС, B - вироби*

Therefore, intellectual ACS implements three management functions.

1. Identification of the manufacturing system, which consists in obtaining an estimate of the instantaneous quality of the process of its functioning by defining some indicator, which can be compared with its specified value.

2. Decision making, which is the search direction changing the functioning program of IFMS in the direction of improving the quality of the production process by changing its structure or modes.

3. Setup, which involves a physical or mechanical change of algorithm the functioning of IFMS.

Functional interaction of processes in of IFMS is shown in Fig.2.

For implement these processes the structure of IFMS includes the executive subsystem, the subsystem of automatic control and intellectual (creative) subsystem (Fig.3).

The **executive subsystem** of IFMS implements a physical process that needs to be automated.

The **automatic control subsystem** creates at its output the control commands of IFMS and signals IGUS and visualization signals depending on the results of reporting on the physical process and the results are consistent with the specified instructions.

Intellectual subsystem provides the formation

Тому інтелектуальна САК реалізує три функції управління.

1. Ідентифікація технологічної системи полягає в отриманні оцінки миттєвої якості процесу або функціонування машини за допомогою визначення деякого показника, який може порівнюватися з його заданим значенням.

2. Ухвалення рішення полягає в пошуку напрямку зміни програми функціонування ІГВС в напрямку підвищення якості виробничого процесу шляхом зміни його структури або режимів.

3. Налаштування передбачає фізичну або механічну зміну алгоритму функціонування ІГВС.

Функціональна взаємодія процесів в ІГВС наведена на рис.2.

Для реалізації цих процесів структурі ІГВС включає виконавчу підсистему, підсистему автоматичного керування і інтелектуальну (креативну) підсистему (рис.3).

Виконавча підсистема ІГВС реалізує фізичний процес, який необхідно автоматизувати.

Підсистема автоматичного керування створює на своєму виході команди керування ІГВС і сигнали візуалізації в залежності від результатів звітування про проходження фізичного процесу і відповідності результатів заданим вказівкам.

algorithm of functioning depending on the influence of external (for example, changing a production task, the use of other semi-finished products, etc.) or internal (for example, failure of some mechanisms) factors.

Інтелектуальна підсистема забезпечує формування алгоритму функціонування в залежності від впливу зовнішніх (наприклад, зміна виробничого завдання, використання інших напівфабрикатів тощо) чи внутрішніх (наприклад, вихід з ладу деяких механізмів) чинників.

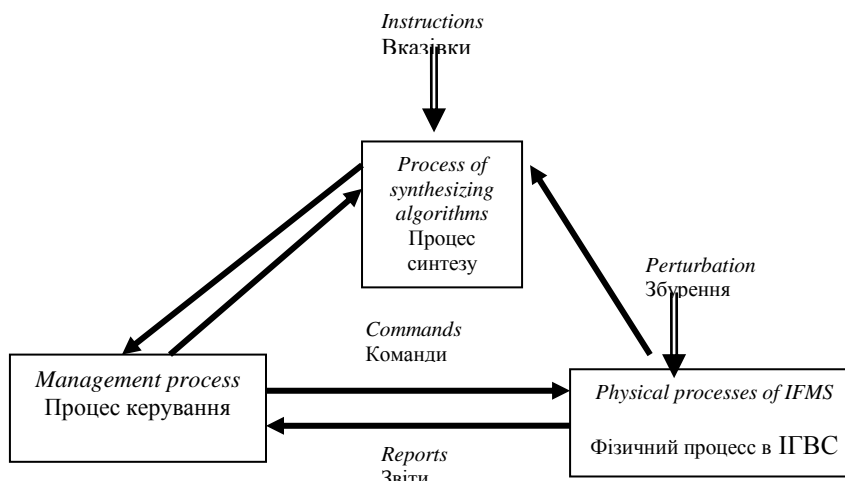


Fig.2. Processes of IFMS, authors' / Процеси в ІГВС, авторська розробка

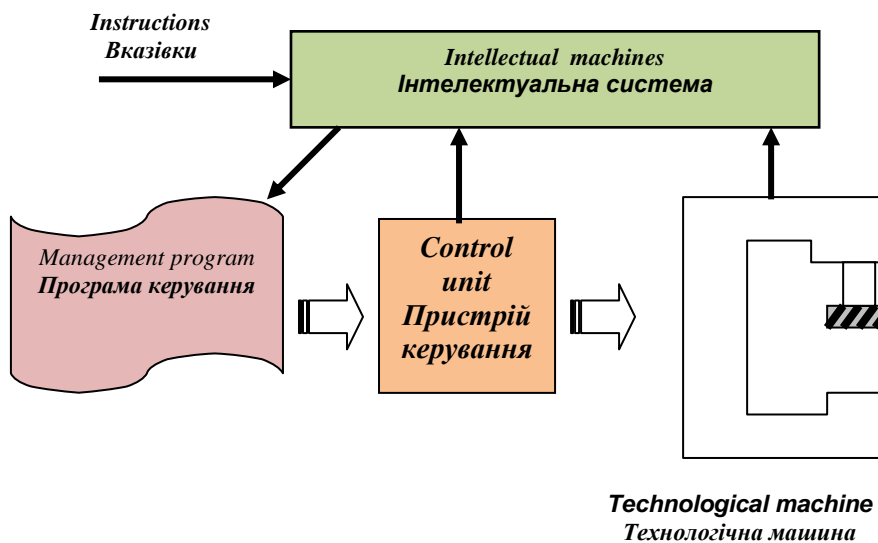


Fig.3. Structure of IFMS, authors' / Структура ІГВС, авторська розробка

For example, the intelligent flexible manufacturing module (IFMS) on the basis of CNC machine includes an executive part actually the machine and its basic mechanisms with drives software management system and intelligent subsystem (Fig.4).

Наприклад, інтелектуальний гнучкий виробничий модуль на базі верстату з ЧПК включає виконавчу частину – власне сам верстат і його основні механізми з приводами, систему програмного керування і інтелектуальну підсистему (рис.4).

The executive system of the CNC machine implements technological operation from the conversion the work piece in the processed detail with the commands given control system. Thanks to reporting of executive system (instrument position, moving speed, the resulting size after processing, etc) the control system monitors the technological elementary operations. In

Виконавча система верстату з ЧПК реалізує технологічні операції з перетворення заготовки в оброблену деталь за командами, заданими керуючою системою. Завдяки звітуванню виконавчої системи (позиція інструменту, швидкість переміщення, отриманий розмір після обробки тощо) система керування відслідковує виконання елементарних

addition to exchange of commands and reports system performance, the control system communicates with external systems (user, operator, etc.), receiving instructions and reporting back for help with a light or sound means. For this, in the structure of the machine is provided, for example, an expert system condition diagnosis of the machine and adjust the cutting conditions depending on the sensor readings efforts and cutting power.

технологічних дій. Окрім обміну командами і звітами із системою виконання, система керування обмінюється інформацією із зовнішніми системами (користувач, оператор тощо), отримуючи вказівки і звітуючи за допомогою світлових або звукових засобів. Для цього в складі верстату передбачена, наприклад, експертна система діагностування стану верстату та коректування режимів різання в залежності від показів датчиків зусиль і потужності різання.

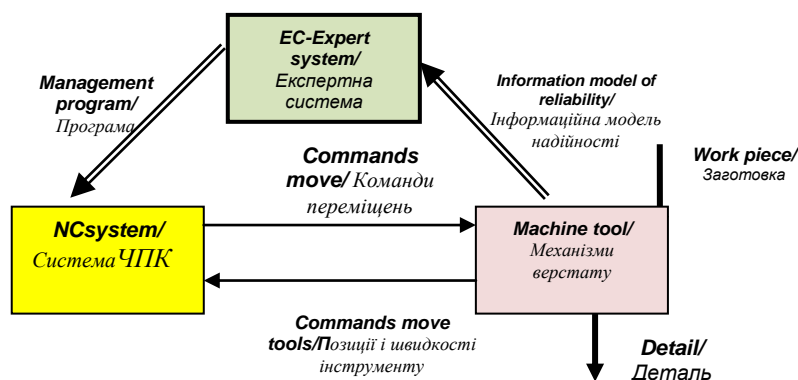


Fig.4. Structure of intellectual flexible manufacturing module on basis of CNC machine, authors' /Структура інтелектуального гнучкого виробничого модуля на базі верстату з ЧПК, авторська розробка

In the solution of intellectual tasks, the system operates without accurate algorithm for solving the problem. Tasks associated with search algorithm to solve them, will be intellectual. Then any task, for is unknown the algorithm, will be referred to the intellectual, for which it is necessary to use the tools of artificial intelligence. As see, the intellectual tasks have two distinctive features:

- using of information in symbolic form (words, symbols, drawings), what distinguishes artificial intelligence systems from traditional computer systems, that processing only numerical data;
- availability of choice - the absence of a decision algorithm determines only those, that it is necessary to make a choice between many of their variants.

The main feature of intelligent systems is that, they are based on knowledge, or rather, on some of their performance. Knowledge here is understood as saving (using a computer) information, formalized according to some rules, which computers can use with logical deduction by certain algorithms.

Technological process design - is the creation of functional description the technological complex. If this description is created from known operations, then the technological process is formed by synthesis. The synthesis of technological process the question is solved number of technological operations, their level of concentration, consistency of execution. To expand the field of search variants of technological process it is necessary to generate the greatest number of possible

При розв'язанні інтелектуальних завдань система діє, не маючи точного алгоритму розв'язання проблеми. Завдання, пов'язані з відшукуванням алгоритму для їх вирішення, будемо називати інтелектуальними. Тоді будь-яка задача, для якої невідомий алгоритм рішення, буде віднесена до інтелектуальних, для розв'язання якої потрібно застосувати засоби штучного інтелекту. Як бачимо, інтелектуальні завдання мають дві характерні особливості:

- використання інформації в символічній формі (слова, знаки, малюнки), що відрізняє системи штучного інтелекту від традиційних комп'ютерних систем, що обробляють тільки числові дані;
- наявність можливості вибору - відсутність алгоритму рішення означає тільки те, що необхідно робити вибір між багатьма їх варіантами.

Основною особливістю інтелектуальних систем є те, що вони засновані на знаннях, а вірніше, на деякому їхньому уявленні. Знання тут розуміються як збережена (за допомогою ЕОМ) інформація, формалізована відповідно до деяких правил, яку ЕОМ може використовувати при логічному виведенні за певними алгоритмами.

Проектування технологічного процесу - це створення функціонального опису технологічного комплексу. Якщо цей опис створюється із відомих операцій, то технологічний процес утворюється шляхом синтезу. При синтезі технологічного процесу

variants of its structure. For creation of ES, which can carry out synthesis technological process with changing the route for different operating conditions of IFMS, need to create a knowledge base, which defines the sequence of processing of surfaces of details and type of necessary equipment. The results of this analysis will set the set of possible variants of processing routes. It is desirable in the first step is to carry out optimization of the synthesized technological process [5].

Show by example, how the building of knowledge base and model, which includes a plurality of alternative processing routes. Let task is processing the details made of cast iron – housing support (Fig. 5).

вирішуються питання кількості технологічних операцій, рівня їх концентрації, послідовності виконання. Для розширення поля пошуку варіантів технологічного процесу необхідно генерувати найбільшу кількість можливих варіантів його структури. Для створення ЕС, яка зможе здійснити синтез технологічного процесу із змінюваним маршрутом для різних умов функціонування ІГВС, необхідно створити базу знань, яка визначає послідовність обробки поверхонь деталі та тип потрібного обладнання. Результати такого аналізу зададуть множину можливих варіантів маршрутів обробки. При цьому бажано на першому кроці здійснити оптимізацію синтезованого технологічного процесу [5].

Покажемо на прикладі, як здійснюється побудова бази знань та моделі, що включає множину альтернативних маршрутів обробки. Нехай завданням є обробка деталі із сірого чавуну – корпусу опори (рис. 5).

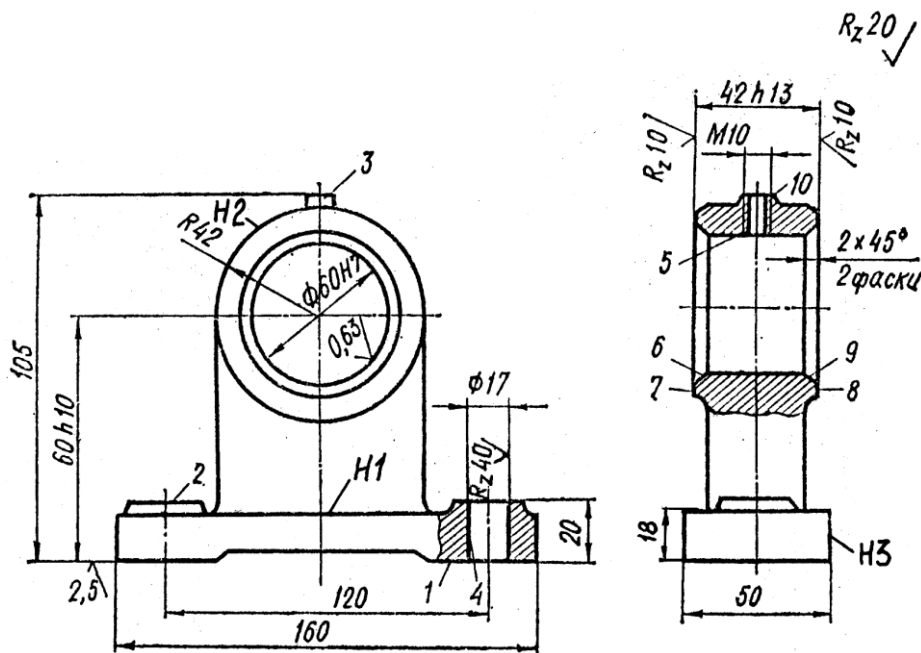


Fig.5. Support corps, material: CH 18 / Корпус опори, матеріал: СЧ 18

The following machines are located on the site:

- CNC lathe,
- long,
- vertical milling,
- CNC horizontal milling
- CNC drilling
- CNC boring.

In case of failure or busy processing another part, any of the selected machine tools, in of IFMS should be changing the processing route.

Knowledge base formation. For a formal definition the sequence of creating surfaces, let's introduce the concept of a binary precedence relation π . Consider, that in more general case, on sequence of the creation a

На дільниці розміщені такі верстати:

- токарний з ЧПК,
- протяжний,
- вертикально-фрезерний,
- горизонтально-фрезерний з ЧПК,
- свердлильний з ЧПК,
- розточувальний з ЧПК.

При відмові або при зайнятості одного із вибраних верстатів, в ІГВС повинна здійснитися зміна маршруту обробки.

Формування бази знань. Для формального визначення послідовності створення поверхонь деталі, введемо поняття бінарного відношення передування π . Вважатимемо, що у найбільш

product at formation its quality parameters influence the functional, design and technological constraints, which allows it possible to distinguish three groups relation of anxiety, namely:

- *functional precedence relations*, which are imposed by the conditions of operation of the product;
- *design precedence relations*, which are imposed by the conditions of spatial location the details and the individual surfaces in product design;
- *technological precedence relations*, which are imposed by the conditions of manufacture of a product.

Determine the causal precedence relations of structural elements of the product graph G_{π} or its matrix M_{π} . The precedence matrix is constructed as follows. At the intersection of the i -th column and j -th row is a unit, if the i -th constructive element of the previous j -th, or zero otherwise. The matrix of causal relations will form:

загальному випадку, на послідовність створення виробу при формуванні його параметрів якості впливають функціональні, конструкторські та технологічні обмеження, що дозволяє виділити три групи відношень передування, а саме:

- *функціональні відношення передування*, що накладаються умовами функціонування виробу;
- *конструкторські відношення передування*, що накладаються умовами просторового розташуванням деталей та окремих поверхонь в конструкції виробу;
- *технологічні відношення передування*, що накладаються умовами виготовлення виробу.

Визначимо причинно-наслідкові відношення передування конструктивних елементів виробу в вигляді графу G_{π} або його матриці M_{π} . Матриця передування будується в наступному вигляді. На перетині i -го стовпчика та j -го рядка ставиться одиниця, якщо i -тий конструктивний елемент передує j -му, або нуль - в протилежному випадку. Матриця причинно-наслідкових відношень матиме вигляд:

	H1	H2	H3	1	2	3	4	бч	бф	6	7	8	9	10	BO	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
H1	1														0							
H2		1													0							
H3			1												0							
1				1											1	0						
2					1										1	1	0					
3						1									1	1	0					
4							1								3	1	0					
бч								1							2	2	1	0				
бф									1						3	3	2	1	0			
6										1		1			2	2	2	1	1	1	0	
7											1				2	2	1	0				
8												1			2	2	1	0				
9													1		2	2	2	1	1	0	0	
10															2	2	1	0				

Fig.6. Matrix of the input of the structural elements of the product / Матриця передування конструктивних елементів виробу

Each element of the matrix satisfies the following requirements:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{if the } i\text{-th structural element should be} \\ \text{created before the } j\text{-th;} \\ 0 - \text{otherwise.} \end{cases}$$

Because the constructive elements of the product are implemented by appropriate technological transitions or operations, the causal relationships between these elements determines the precedence relation between technological transitions or operations.

To determine the total number of such links for each of the surfaces, which is necessary to process, sum the unit in each row of the matrix, and the amount is written in the column **BO**, which indicates the degree of

Кожен елемент матриці задовільняє наступні вимоги:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{якщо } i\text{-ий конструктивний елемент} \\ \text{повинен бути створений поперед } j\text{-го;} \\ 0 - \text{в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Оскільки конструктивні елементи виробу реалізуються відповідними технологічними переходами чи операціями, то причинно-наслідкові зв'язки між цими елементами визначають відношення передування між технологічними переходами або операціями.

Для визначення загальної кількості таких зв'язків для кожної з поверхонь, яку треба обробити, просумуємо одиниці в кожному рядку матриці, а суму

technological dependence of the processing of this surface from other surfaces of the part. Summing unit in each column of the matrix, write their sum, which characterize the technological degree of imitation of the surfaces, that their influence on the processing of other surfaces.

Determining the processing sequence will be guided by the following.

1. The first treated surface is processed, which requires no pre-treatment of other surfaces, that is, the column dependence **BO** zero value (no precedence relations).

2. When processing this surface all the connections are forwarded, which are in the column of the surface subtracted from the values, shown in the column total degrees of dependence **BO**. The resulting values describe the new state of the part after the first stage of processing – **B1**. To determine the next surface for processing the repeating stage 1, whereupon, the procedure is repeated.

3. In the presence of multiple surfaces with zero degree of dependence, they can be processed in one step.

We got with help of formalized procedure, the sequence of technological transitions surface treatment details (Fig.7), which creates three stages of processing, specified by the precedence graph G_{π} .

запишемо в стовпчику **BO**, що вказує ступінь технологічної залежності обробки даної поверхні від інших поверхонь деталі. Просумувавши одиниці в кожному стовпчику матриці, запишемо їх суму, що характеризуватиме ступінь технологічного наслідування поверхонь, тобто їх вплив на обробку інших поверхонь.

При визначенні послідовності обробки будемо керуватись наступним.

1. Першою по порядку обробляється поверхня, яка не вимагає попередньої обробки інших поверхонь, тобто має в стовпчику ступені залежності **BO** нульове значення (відсутність зв'язків передування).

2. При обробці цієї поверхні всі зв'язки передування, що знаходяться в стовпчику цієї поверхні віднімаються від значень, вказаних в стовпчику сумарних ступеней залежності **BO**. Результуючі значення описують новий стан деталі після першого етапу обробки – **B1**. Для визначення наступної поверхні для обробки повторюється етап п.1, після чого, процедура повторюється.

3. При наявності одночасно декількох поверхонь з нулевою ступінню залежності, вони можуть бути оброблені на одному етапі.

Ми отримали за допомогою формалізованої процедури послідовність технологічних переходів обробки поверхонь деталі (рис.7), які створюють три етапи обробки, що задані графом передування G_{π} .

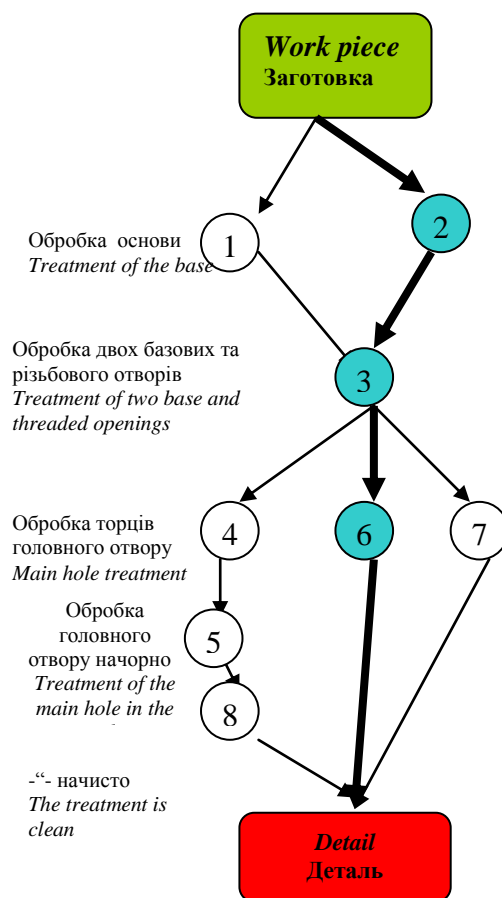


Fig.7. The graph of the G_{π} forward is for the case handling options authors: 1- vertical extended; 2- vertical milling; 3- drill; 4- horizontal milling; 5 - drill; 6- turning; 7- boring; 8- prolonged /Граф передування G_{π} для

варіантів обробки корпусу опори, авторська розробка: 1-вертикально-протяжна; 2-вертикально-фрезерна; 3-свердлильна; 4-горизонтально-фрезерна; 5-свердлильна; 6-токарна; 7-розточувальна; 8-протяжна

Marking vertices of the graph is performed, starting from the last operation, as follows: on each vertex, note the minimum value of technological cost, which meets the minimum path to it from the end of technological process (vertex 2-3-6). The value of other ways that have the highest total the cost of technology, down (Fig.8). After the reverse run graph model minimum path is remembered and celebrated (in Fig.8 – selected vertices). The resulting sequence of operations 2-3-6 is the optimal technological process, which ensures the lowest cost of processing.

From the knowledge base for IFMS processing the housing of support. Complete the knowledge base, according to the following rules.

Rule № 10. The work piece is fed to vertical milling machine 2 and, if he is free and healthy, basis processed.

Rule № 20. If vertical milling machine is busy (repairs or perform other operation), then the work piece is fed to a prolonged machine 1 and basis processed.

Rule № 30. If a long machine is busy, the process stops before the dismissal of the machines 1 or 2.

Rule № 40. The work piece is fed to the drilling machine 3 and, if he is free and healthy, which processes 2 basic and one of the threaded holes.

Rule № 50. If machine 3 is engaged, the process stop.

Rule № 60. The work piece is fed on the lathe machine 6 and, if he is free and healthy, processing two the ends and rough and completely main hole.

Розмітка вершин графа здійснюється, починаючи з останньої операції, наступним чином: на кожній вершині відмітимо мінімальне значення технологічної собівартості, яке відповідає мінімальному шляху до неї із кінця технологічного процесу (вершини 2-3-6). Значення інших шляхів, які мають вищу сумарну технологічну собівартість, опускаємо (рис.8). Після проведення зворотного прогону графової моделі мінімальний шлях запам'ятовується і відмічається (на рис.8 – виділені вершини). Отримана послідовність операцій 2-3-6 є оптимальним технологічним процесом, який забезпечує найнижчу собівартість обробки.

Сформуємо базу знань для ІГВС обробки корпусу опори. База знань складемо, керуючись наступними правилами.

Правило 10. Заготовка подається на вертикально-фрезерний верстат 2 і, якщо він вільний і справний, то обробляється основа.

Правило 20. Якщо вертикально-фрезерний верстат зпійнятий (ремонтні роботи або виконання іншої операції), то заготовка подається на протяжний верстат 1 і обробляється основа.

Правило 30. Якщо протяжний верстат зайнятий, то процес зупиняється до звільнення верстатів 1 або 2.

Правило 40. Заготовка подається на свердлильний верстат 3 і, якщо він вільний і справний, де обробляються 2 базових і один різьбовий отвори.

Правило 50. Якщо верстат 3 зайнятий, то процес зупиняється.

Правило 60. Заготовка подається на токарний верстат 6 і, якщо він вільний і справний, то обробляються два торці і начорно і начисто головний отвір.

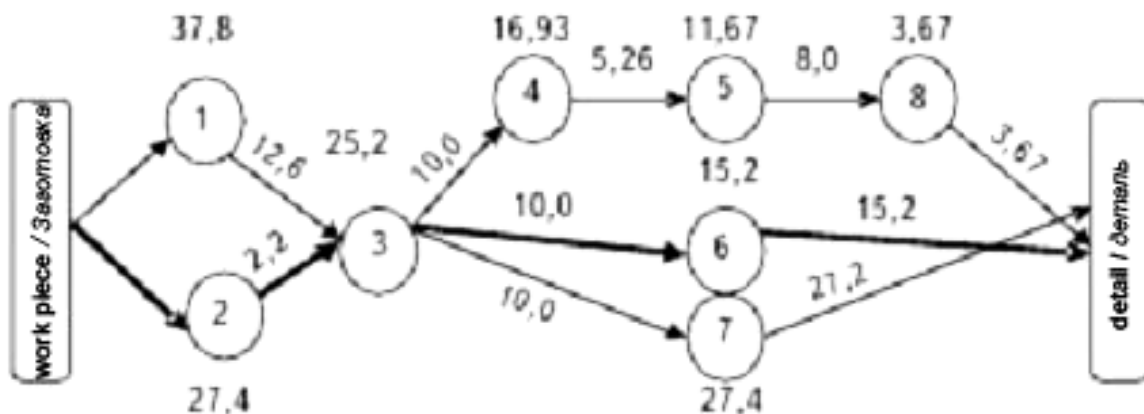


Fig.8. Model of the set of routes for handling the support casing / Модель множини маршрутів обробки корпусу опори

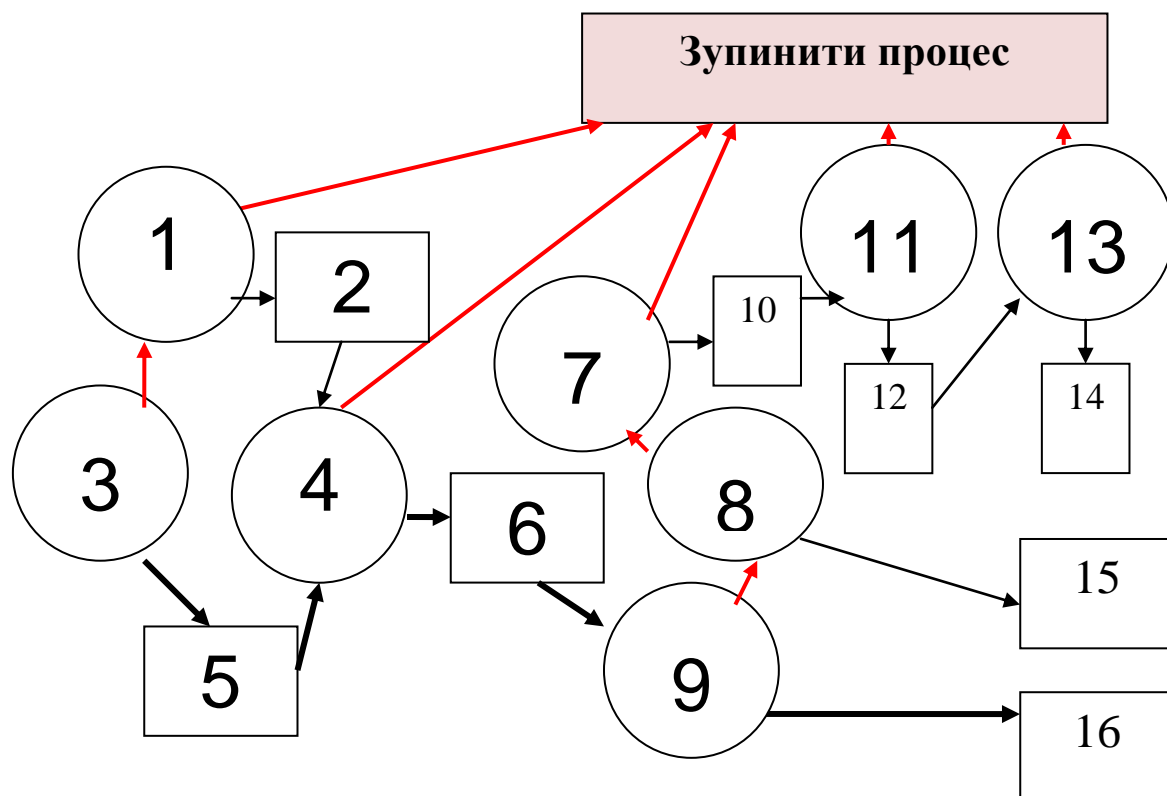


Fig. 9. Work algorithm of IFMS for processing the housing of support, *authors'*: 1- extended serviceable and free; 2. to process the basis; 3- Vertical milling serviceable and free; 4- Drilling good and free; 5. to process the basis; 6 to handle 2 base and threaded holes; 7-horizontal milling serviceable and handle 2 base and threaded holes; 8- clearing serviceable and free; 9- turning serviceable and free; 10 - to finish the ends; 11- drill good and free; 12- handle the hole; 13 - lengthy working and free; 14- to extend a hole; 15- to cut the hole and to finish the ends; 16 - to cut the hole and to finish the ends. / Алгоритм роботи ІГВС для обробки корпусу опори, авторська розробка: 1- протяжний справний і вільний; 2- обробити основу; 3- вертикально-фрезерний справний і вільний; 4- свердлильний справний і вільний; 5- обробити основу; 6- обробити 2 базових і різьбовий отвори; 7-горизонтально-фрезерний справний і обробити 2 базових і різьбовий отвори; 8- розточний справний і вільний; 9- токарний справний і вільний; 10 - обробити торці; 11- свердлильний справний і вільний; 12- обробити отвір; 13- протяжний справний і вільний; 14- протягнути отвір; 15- розточити отвір і обробити торці; 16 - розточити отвір і обробити торці.

Rule № 70. If the machine 6 is busy, the work piece is fed to boring machines 7, which processes two ends and rough and completely main hole.

Rule № 80. If the boring machines 7 busy, the work piece is fed to horizontal milling machine 4, which processes two ends.

Rule № 90. If the machine 4 is busy, the process stop.

Rule № 100. The work piece is fed to the drilling machine 5 and if he is free and healthy, treated main hole roughly.

Rule № 110. If the machine 5 is busy, the process stop.

Rule № 120. The work piece is fed to a prolonged machine 8 and if he is free and working properly, then clean processing main hole.

Rule № 130. If the machine 8 is busy, the process stop.

The following is the algorithm of IFMS, that can

Правило 70. Якщо верстат 6 занятий, то заготовка подається на розточувальний верстат 7, де обробляються два торці і начорно і начисто головний отвір.

Правило 80. Якщо розточувальний верстат 7 зайнятий, то заготовка подається на горизонтально-фрезерний верстат 4, де обробляються два торці.

Правило 90. Якщо верстат 4 зайнятий, то процес зупиняється.

Правило 100. Заготовка подається на свердлильний верстат 5 і, якщо він вільний і справний, то обробляється головний отвір начорно.

Правило 110. Якщо верстат 5 зайнятий, то процес зупиняється.

Правило 120. Заготовка подається на протяжний верстат 8 і, якщо він вільний і справний, то обробляється начисто головний отвір.

Правило 130. Якщо верстат 8 зайнятий, то процес зупиняється.

be programmed in any language (Delphi, C# or PROLOG, LISP, etc).

For ease of analysis of functioning the IMS, the influence of environment is divided into two groups:

- Determined change given conditions of production (nomenclature, time of delivery, that is, calendar-production planning)
- random vibration conditions for the functioning - disturbances in the system such as cracks.

Then IMS is structurally divided into two generalized level, ordered according to the theory of intellectual machines: the organizational level, depending on the conditions of production and executive level, depending on the conditions of functioning manufacturing system.

REFERENCES

- [1] Gaines, B.R. & Norrie, D.H. (1995). *Knowledge Systematization in the International IMS Research Program*. Proc. of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics Intelligent Systems for 21st Century, vol.1, 958 - 963.
- [2] Gola, A., Świć, A., & Kramar, V.(2011). A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexible manufacturing systems. *Management & Production Engineering Review*, vol. 2,(4), 21 – 32.
- [3] Groover, M.P. & Zimmers, E.W. (1984). *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall.
- [4] Opitz, H. & Wiendahl, H.P.(1971). Group Technology and Manufacturing Systems for Medium Quantity Production, *Intern. Journal of Prod. Res.*, vol. 9,(1), 181-203.
- [5] Palchevsky, B., Swic, A., & Krestianpol, H.(2015). *Computer integrated designing of flexible manufacturing systems*, Lublin University of Technology, Lublin.
- [6] Waterman, D. A. (1989) *Guide to Expert Systems: Translated from English*. Moscow: Mir.
- [7] Yampolskyi, I., P.Melniczuk, P. etc. (2010). *Computer integrated planning, modelling end management*. Zhytomyr: ZhDTU.

Нижче наведено алгоритм роботи ІГВС, який може бути запрограмований на будь-якій мові (Delphi, C# або PROLOG, LISP тощо).

Для зручності аналізу функціонування ІВС, вплив зовнішнього середовища підрозділяється на дві групи:

- Цілеспрямована зміна заданих умов виробництва (номенклатура, час поставок, тобто календарно-виробниче планування);
- випадкових коливань умов функціонування - збурень в системі, наприклад відмов.

Тоді ІВС структурно поділяється на два узагальнених рівня, упорядкованих відповідно до теорії інтелектуальних машин: організаційний рівень, що залежить від умов виробництва, і виконавчий рівень, що залежить від умов функціонування виробничої системи.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1] Gaines B.R., Norrie D.H. Knowledge Systematization in the International IMS Research Program // Proc. of IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics Intelligent Systems for 21st Century. -1995. - Vol.1. - P. 958 - 963.
- [2] Gola A., Świć A., Kramar V., A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexible manufacturing systems, *Management & Production Engineering Review*, 2011, vol. 2, no. 4, 21 – 32.
- [3] Groover M.P., Zimmers E.W., *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.
- [4] Opitz H., Wiendahl H.P., *Group Technology and Manufacturing Systems for Medium Quantity Production*, *Intern. Journal of Prod. Res.*, 1971, vol. 9, no. 1, pp. 181-203.
- [5] Palchevsky B., Swic A., Krestianpol H., *Computer integrated designing of flexible manufacturing systems*, Lublin University of Technology, Lublin 2015.
- [6] Waterman D. *A Guide to Expert Systems: Translated from English* .- М .: Mir, 1989.- 388 p.
- [7] Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління : підручник / Л.С.Ямпольський, П.П.Мельничук, К.Б.Остапченко, О.І.Лісовиченко.- Житомир: ЖДТУ, 2010.-786 с.