

УДК 658.512.011.56

М.В. Волковець, магістр
В.А. Кирилович, к.т.н, доц.
І.В. Крижанівська, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

АВТОМАТИЗОВАНЕ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТУ ОБРОБКИ ОТВОРІВ НА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

Здійснено комплексний аналіз факторів, що впливають на вибір методу обробки отворів, визначено склад та послідовність розв'язуваних складових задач. Запропоновані зручні для автоматичного опрацювання форми представлення вхідних даних. Розроблено інформаційне, методичне, алгоритмічне та програмне забезпечення автоматизованого розв'язку поставленої задачі.

Постановка проблеми. При розробці технологічних процесів (ТП) обробки деталей на вертикально-свердлильних верстатах (ВСВ) з ЧПУ виникає ряд проблем, пов'язаних з необхідністю забезпечення заданої та/або максимальної продуктивності обробки поверхонь, розташованих вздовж кожної з осей отворів деталі та визначених її кресленням. Визначальним при цьому є зменшення машинно-допоміжного часу, що відповідно призводить до зменшення часу на обробку отворів на верстатах за управляючою програмою (УП). Тому на етапі технологічної підготовки виробництва (ТПВ) серед інших приділяється особлива увага розв'язанню задачі вибору раціональної схеми, що визначає технологічний маршрут обробки отворів. Використання програмних засобів при цьому дає можливість зменшити тривалість ТПВ при одночасному збільшенні кількості розглядуваних альтернативних варіантів розв'язків, а також зменшити суб'єктивний фактор та кількість помилок, що підвищує якість технологічних рішень, які при цьому приймаються.

Метою даної статті є висвітлення результатів досліджень, виконаних при створенні методичного, алгоритмічного та програмного забезпечення розв'язку задачі формування маршруту обробки отворів на ВСВ з ЧПУ.

Аналіз літературних джерел та попередніх розробок. Сутність розв'язуваної задачі полягає в тому, що при відомій множині технологічних можливостей ВСВ з ЧПУ для заданих деталей з отворами з різними конструктивно-технологічними параметрами необхідно вибрати такий маршрут обробки елементарних поверхонь

кожної з осей отворів, який би забезпечував найбільшу або задану продуктивність за інших рівних умов [4, 5]. Технологічні можливості ВСВ з ЧПУ значною мірою визначаються ємністю одноінструментальних гнізд револьверної головки (РГ), швидкістю холостих та робочих переміщень робочих органів верстата (столу, РГ), величинами цих переміщень, тривалістю зміни інструментів при обертанні РГ тощо. До конструктивно-технологічних параметрів деталей відносяться види складових елементарних поверхонь, їх геометричні розміри, шорсткість, квалітет точності, відхилення від форми, допуски на міжцентрову відстань тощо.

Проектування операцій обробки отворів на верстатах свердлильно-розточувальної групи завершується призначенням послідовності обходу отворів різальними інструментами (РІ). Послідовність обходу отворів стрижневими мірними РІ залежить від схеми виконання переходів – послідовної, паралельної або комбінованої [1, 2]. При паралельній схемі кожен РІ обробляє елементарні поверхні всіх отворів, які підлягають обробці цим РІ. Далі РІ змінюється за УП за рахунок зміни позиції РГ і цикл повторюється. Послідовна схема відрізняється тим, що кожен отвір повністю обробляється всіма необхідними за технологією РІ, а після зміни позиції РГ, а значить і РІ, обробляється наступний отвір.

Викладення основної частини. За своїм змістом визначення маршруту обробки отворів на ВСВ з ЧПУ є багатоваріантною задачею: для однієї і тієї ж деталі можна згенерувати кінцеву множину маршрутів обробки отворів, які апріорно не будуть суперечити вимогам технології. При цьому розв'язуються оптимізаційні задачі розміщення інструментів в РГ ВСВ з ЧПУ та визначення послідовності обходу отворів РІ в залежності від схеми обробки. При цьому в процесі розв'язку даної задачі необхідно враховувати велику кількість вимог та факторів, висунутих з боку ТП, креслення деталі, технологічного обладнання, заготовки тощо, що впливають на результат розв'язку задачі.

Формалізовано задачу автоматизованого визначення маршруту обробки отворів на ВСВ з ЧПУ можна представити наступним виразом:

$$\forall m_i \in M \forall m_j \in M \exists t_{m-i} \exists t_{m-o} \{ (t_{m-i} < t_{m-o}) \Rightarrow (m_i \rightarrow \min) \},$$

тобто для будь-яких маршрутів обробки (m_i, m_j) із кінцевої множини маршрутів M $((m_i, m_j) \in M)$ із значенням машинно-допоміжних

часів відповідно $t_{m-\partial}$ і $t_{m-\partial}$, за умови $t_{m-\partial} < t_{m-\partial}$, маршрут m_i буде відпрацьовуватись з найменшим часом і тому є шуканим.

Для можливості автоматизованого розв'язку поставленої задачі було проаналізовано існуючі рекомендації щодо вибору (призначення) технологічних переходів при обробці отворів, методи вибору технологічного маршруту обробки отворів [1, 2, 4]. При цьому визначено, що умови найменшої тривалості часу холостих (прискорених) переміщень робочих органів та вузлів ВСВ є визначальними при виборі методу обробки за винятком випадків, коли метод визначається технологічними умовами обробки. Наприклад, при обробці отворів 7–9-го квалітетів точності або отворів з жорсткими допусками на міжцентрову відстань (до 0,2 мм) доцільно перші переходи (центрування, свердлування, зенкування, зенкерування) виконувати паралельно, а заключні переходи (зенкерування під розвертання, розвертання, нарізання різі) – послідовно, без переміщення деталі.

Таким чином, за критерій вибору технологічного маршруту обрано мінімізацію машинно-допоміжного часу $t_{m-\partial} \rightarrow \min$, який пов'язаний з виконанням допоміжних ходів та окремих переміщень робочих органів аналізованого верстата, тобто часу, пов'язаного з позиціонуванням столу та РГ, підведенням кожного із РІ в зону обробки і наступним його відведенням, автоматичною зміною РІ [3]:

$$t_{m-\partial} = \sum_{i_x=1}^{n_x} t_{i_x}^{cm} + \sum_{i_y=1}^{n_y} t_{i_y}^{cm} + \sum_{j_{z=R}=1}^{m_R} t_{j_{z=R}}^{PF} + \sum_{j_{z-R}=1}^{m_{z-R}} t_{j_{z-R}}^{PF} + \sum_{p=1}^r t_{p_{k-1}}^{PF},$$

де $\sum_{i_x=1}^{n_x} t_{i_x}^{cm}$ – сумарний час прискореного холостого переміщення столу

по координаті X , с;

$\sum_{i_y=1}^{n_y} t_{i_y}^{cm}$ – сумарний час прискореного холостого переміщення столу

по координаті Y , с;

$\sum_{j_{z=R}=1}^{m_R} t_{j_{z=R}}^{PF}$ – сумарний час прискореного холостого переміщення РГ

по осі Z до координати R до виконання процесу різання, с;

$\sum_{j_{z-R}=1}^{m_{z-R}} t_{j_{z-R}}^{PF}$ – сумарний час прискореного холостого переміщення РГ

по осі Z до координати R після виконання різання на даному переході, с;

$\sum_{p=1}^r t_{p_{k-1}}^{PF}$ – сумарний час, що затрачений на зміну робочих позицій

РГ, с;

k – поточна позиція РГ, $k = \overline{1, 6}$;

l – кінцева робоча позиція РГ, $l = \overline{1, 6}$;

p – номер зміни робочих позицій РГ, $p = \overline{1, r}$;

r – кількість змін робочих позицій РГ за УП.

Проведений аналіз методів розв’язання задачі пошуку найменшого часу обходу осей отворів ПІ показав, що змістовно задача полягає у виборі маршруту обходу n точок (осей отворів), що проходить через кожен точку тільки один раз. Оскільки цей маршрут визначає час допоміжних переміщень, він повинен мати мінімальну тривалість, що в ряді випадків відповідає мінімальній довжині маршруту. Задача в такій постановці ідентична відомій задачі про комівояжера [7, 8]. При всій простоті постановки цієї задачі (перебрати всі маршрути і взяти серед них найменший) її розв’язання відрізняється складністю обчислювального характеру, особливо при великих її розмірностях.

На базі визначеної сутності розв’язуваної задачі та множини факторів і вимог, що впливають на результат розв’язку задачі визначення раціонального маршруту обробки отворів на ВСВ з ЧПУ, було розроблено інформаційне забезпечення (ІЗ) автоматизованого розв’язку поставленої задачі [6]. Для цього ІЗ поділене на постійну, умовно-змінну та змінну інформації. До постійної інформації включені рекомендований набір інструментів для обробки отворів із заданими конструктивно-технологічними параметрами; методи обробки отворів; способи одержання отворів. Умовно-змінна інформація визначається інформацією про складові елементи технологічної системи верстат–притосування–інструмент–деталь (ВПД). Інформація, що стосується верстата, це тип верстата, ємність РГ, найбільший умовний діаметр свердління, дискретність відліку за координатними осями, число керованих координат, реверсивність РГ, швидкість переміщення вузлів та робочих органів (столу та РГ) за координатними осями, величини переміщення по осях X , Y , R (Z). Інформація щодо притосування описує схему базування; характеристику затискних елементів: розміри, тип, кількість, геометричне розташування. Інформація про інструмент

– це вид та порядок використання РІ для обробки даної деталі, довжини кожного РІ. До змінної інформації відноситься інформація про деталь як елемент технологічної системи ВПД

Вказані параметри повною мірою відображають інформацію, необхідну для розв’язку поставлених задач у відносно простому вигляді, який не передбачає спеціальних знань та навичок розробника при їх формуванні та аналізі, а також легко піддається автоматизованому опрацюванню.

Так, змінну частину ІЗ – інформація про деталь – запропоновано представляти у вигляді двох матриць – матриці зовнішніх M^3 та внутрішніх M^{BH} відношень, що надають інформацію про осі отворів, розташованих на деталі. Матриця зовнішніх відносин M^3 являє собою квадратну матрицю розміром $n \times n$, де n – кількість осей отворів аналізованої деталі згідно з конструкторською документацією (рис. 1). При цьому над діагоналлю матриці вказуються міжосьові відстані між осями отворів (матриця $M_{a_w}^3$), а під діагоналлю матриці – допуски на міжосьові відстані (матриця $M_{T_{a_w}}^3$). По діагоналі вказується товщина деталі Δ в перерізі кожної з n осей отворів.

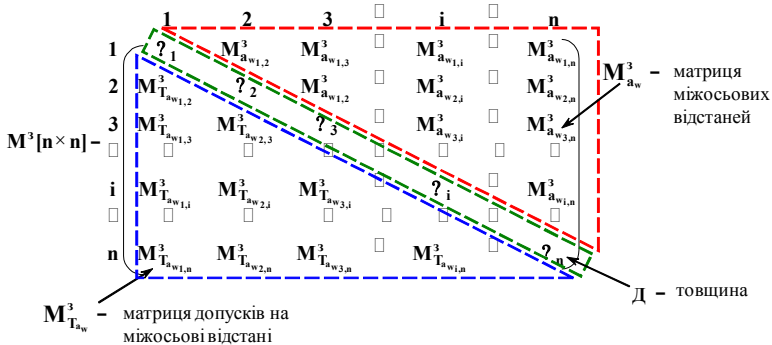


Рис. 1. Матриця зовнішніх відношень $M^3 [n \times n]$

Структуру матриці $M_{a_w}^3$ можна записати у наступному вигляді:

$$M_{a_w}^3 = \left\{ M_{a_w, \text{зовн}}^{\text{лін}}, \nabla M_{x, y, \text{зовн}}^{\text{коорд}}, \nabla M_{R, \alpha, \text{зовн}}^{\text{кут}}, \nabla M_{\text{зовн}}^{\text{поз}} \right\},$$

де $M_{a_w, \text{зовн}}^{\text{лін}}$, $M_{x, y, \text{зовн}}^{\text{коорд}}$, $M_{R, \alpha, \text{зовн}}^{\text{кут}}$, $M_{\text{зовн}}^{\text{поз}}$ – елементи матриці $M_{a_w}^3$, що характеризують міжосьові відстані, якщо вони задані відповідно

лінійними розмірами, координатами осей, кутовими координатами, позиційним допуском.

Матриця допусків на міжосьові відстані має вигляд:

$$M_{T_{aw}}^3 = \{ IT_{a_w}; IT_{x_{ij}}, IT_{y_{ij}}; \Delta R_{ij}, \Delta \alpha_{ij} \},$$

де IT_{a_w} – допуск на міжосьові відстані, що задані лінійно (рис. 2, а);

$IT_{x_{i,j}}, IT_{y_{i,j}}$ – допуск на відстані, що задані координатами осей X, Y (рис. 2, б);

$\Delta R_{i,j}, \Delta \alpha_{i,j}$ – допуск на відстані, що задані радіусом та кутовими координатами (рис. 2, в).

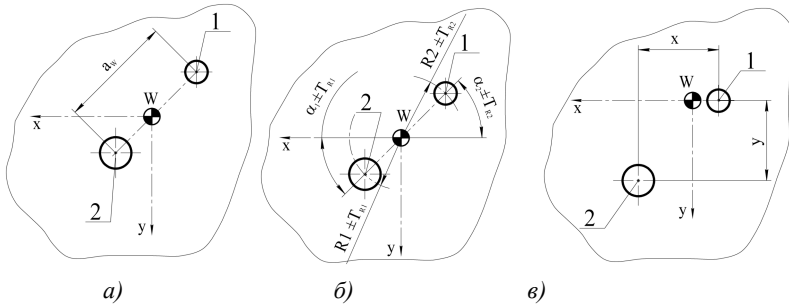


Рис. 2. Приклад формування матриці міжосьових відношень $M_{a_w}^3$

Матриця внутрішніх відношень M^{BH} описує форми $\{F\}$ кожного з n отворів вздовж кожної i -ої осі $(M_i^{BH} | j = \overline{1, n}) = \{F(F_e | e = \overline{1, E})\}$. Для кожної i -ої осі отвору формується своя форма, яка складається з елементарних поверхонь. Причому, кожна поверхня задається своїми геометричними і технологічними параметрами. Тобто вздовж кожної i -ої осі описується впорядкована множина елементарних поверхонь $\langle F_e | e = \overline{1, E} \rangle$.

Тому $(F_e | e = \overline{1, E}) \subseteq (F = \{\Phi, Ц, K, T, PM, PK\})$, де Φ – фаска; $Ц$ – циліндр; K – конус; T – торець; PM – різь метрична; PK – різь конічна.

Опис конструктивно-технологічних параметрів вказаних елементарних поверхонь наведено в табл. 1.

Вказані структура та форма представлення інформації не суперечать можливості використання автоматизованих систем

зчитування інформації безпосередньо з креслення деталі з наступним формуванням відповідних протоколів (форм) її представлення та передбачає використання цієї інформації при автоматизованому формуванні маршруту обробки отворів на ВСВ з ЧПУ.

В основу розробленого методичного, алгоритмічного та програмного забезпечення автоматизованого розв'язку задачі покладена сформована загальна схема синтезу маршруту обробки отворів (рис. 4), згідно з якою процес розв'язання задачі відбувається в чотири етапи.

На першому етапі – етапі аналізу вхідної інформації виконується аналіз конструкторської документації; перевіряється можливість обробки осей отворів заданих параметрів; виконується нумерація осей отворів, параметри яких були задані; проводиться аналіз системи координат заготовки; виконується приведення координат кожної з осей отворів до координат заготовки; визначаються міжосьові відстані.

На другому етапі виконується оптимальне розміщення РІ в позиціях РГ. Для цього складається матриця часів повороту РГ $M_{t_{PR}}$ з однієї (рядок) позиції в іншу (стовпчик). Кожному РІ, що необхідний для обробки елементарної поверхні, присвоюється свій номер. Крім того, визначається порядок використання РІ для обробки кожного отвору згідно з ТП. Далі РІ випадковим чином розташовуються в позиціях РГ. В найпростішому випадку номер позиції РГ співпадає з номером РІ за порядком їх використання в ТП. На основі цих даних складається графова модель використання РІ для всіх осей отворів (орієнтований, зважений граф – рис. 3) та відповідне табличне відтворення графа.

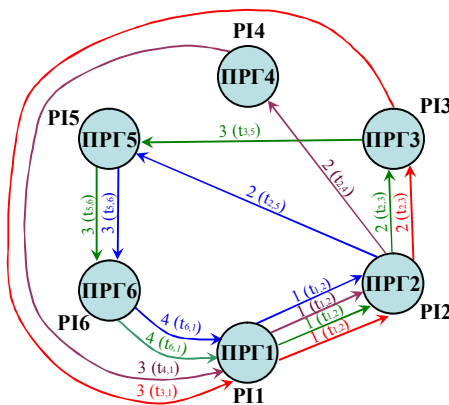


Рис. 3. Приклад графової моделі використання та зміни РІ:

РІ1, ..., РІ6 – різальні інструменти 1, ..., 6;

ПРГ1, ..., ПРГ6 – позиції 1, ..., 6 револьверної головки

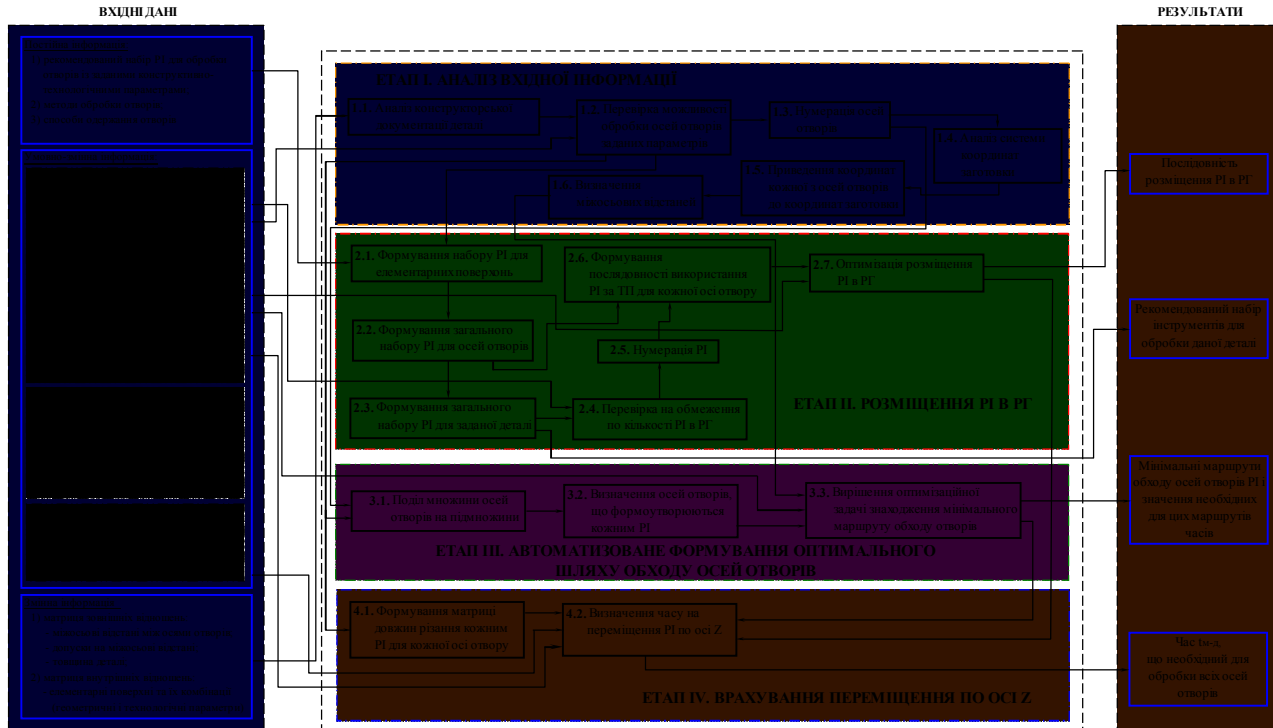
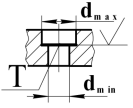
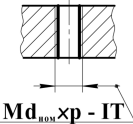
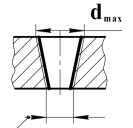


Рис. 4. Загальна схема розв'язання задач

Таблиця 1

Опис конструктивно-технологічних параметрів
елементарних поверхонь

Вид поверхні			Параметри	
наз-ва	позначення	схема, розміри	геометричні	технологічні
Фаска	Ф		<p>c – катет; α – кут; d_{min} – мінімальний діаметр</p>	<p>Rz (Ra) – шорсткість поверхні конуса фаски; Tα – допуск на кут фаски α; Tc – допуск на величину катета c; Td_{min} – відхилення мінімального діаметра d_{min}</p>
Циліндр	Ц		<p>d – діаметр; h – висота</p>	<p>q – квалітет точності внутрішньої циліндричної поверхні d; IT – посадка; Rz (Ra) – шорсткість поверхні</p>
Конус	К		<p>d_{min} – мінімальний діаметр; d_{max} – максимальний діаметр; α – кут при основі; h – висота</p>	<p>Rz (Ra) – шорсткість поверхні; q – квалітет точності; Tα – відхилення кута при основі α; Td_{min} – відхилення мінімального діаметра d_{min}; Td_{max} – відхилення максимального діаметра d_{max}</p>

Вид поверхні			Параметри	
наз-ва	позна-чення	схема, розміри	геометричні	технологічні
То-рець	T		d_{min} – мінімальний діаметр; d_{max} – максимальний діаметр	q – квалітет точності; Rz (Ra) – шорсткість поверхні
Різь метрична	PM	 M d _{ном} x p - IT	d_{ном} – номінальний діаметр; p – крок різі	IT – поле допуску середнього діаметра
Різь конічна	PK	 MK d _{min} x p - IT	d_{min} – мінімальний діаметр; d_{max} – максимальний діаметр; p – крок різі	IT – поле допуску середнього діаметра

Далі підраховується час зміни впорядкованої за технологією множини $PI T_{повРГ_i}$, що необхідний для обробки кожної з елементарних поверхонь $F_e \in \{F\}$ кожної i -ої осі отвору, і визначається сумарний час на зміну PI для всіх n осей отворів $\sum_{i=1}^n T_{повРГ_i}$.

Наступним кроком *методом перестановок* PI переставляються в позиціях $РГ$, і для кожної перестановки визначається сумарний час, затрачений на зміну $PI \sum_{i=1}^n T_{повРГ_i}$. За кінцевий результат вибирається та

комбінація розташування PI в $РГ$, при якій сумарний час зміни PI при обробці всіх аналізованих отворів буде мінімальним, тобто

$$\sum_{i=1}^n T_{повРГ_i} \rightarrow \min .$$

На третьому етапі сформованої схеми автоматизованого синтезу маршруту обробки отворів виконується формування оптимального шляху обходу отворів. В складі цього етапу виконується поділ множини осей отворів на підмножини за критерієм значення допуску на міжосьову відстань $T_{ав}$ або квалітету точності. В результаті утворюються дві підмножини M_1 та M_2 , перша з яких обробляється за паралельною схемою, а друга – за комбінованою. Оскільки у випадку, коли вздовж осі отвору розташовується декілька елементарних поверхонь, що мають різні квалітети точності (наприклад, Н8 і Н12), такий отвір відноситься до підмножини M_2 , то з підмножини M_2 , що обробляється за комбінованою схемою, необхідно виділити ще дві підмножини елементарних поверхонь отворів – ті, що обробляються за паралельною схемою, і ті, що обробляються за послідовною схемою.

Далі для кожного РІ методом перестановок визначається маршрут переміщення між осями тих отворів, що необхідно ним обробити за технологією, який має найменший час. Причому враховується, що якщо в переліку осей отворів, що будуть оброблятися аналізованим РІ, є вісь отвору, на якій закінчується маршрут обробки попереднього РІ, то маршрут обробки для аналізованого РІ буде починатись з цієї осі отвору. Якщо ні, то початок маршруту для аналізованого РІ відраховується від найближчої осі отвору, що оброблялась попереднім РІ. За визначеними маршрутами визначається час, що необхідно затратити на переміщення столу за заданим маршрутом $T_{перемстолу}$. Час для кожного з M маршрутів додається і визначається сумарний час переміщення столу при обробці n отворів $\sum_{i=1}^n T_{перемстолу}$.

На четвертому етапі запропонованої схеми автоматизованого розв'язання задачі синтезу маршруту обробки отворів виконується розрахунок часу переміщень РГ у вертикальній площині під час обробки деталі як останньої складової для розрахунку значення критерію вибору раціональної схеми обробки отворів на ВСВ з ЧПУ – машинно-допоміжного часу. Шлях переміщення по осі Z визначається з урахуванням: відстані від торця шпинделя до кінця РІ (виліт РІ); відстані від торця шпинделя до столу; відстані від столу до нуля заготовки W ; товщини деталі вздовж кожної осі отворів; величин недобігу та перебігу кожного РІ.

Загальний алгоритм автоматизованого розв'язання задачі синтезу маршруту обробки отворів, що представлений на рис. 5, реалізує запропоновану багатоступеневу методику (рис. 4).

За програмну оболонку обрана мова програмування Delphi 7. Узагальнена функціональна схема розробленого ПЗ представлена на рис. 6. На функціональній схемі зображено взаємозв'язки між головним вікном користувача, блоком редагування даних (баз даних), де формуються вхідні параметри заданої деталі, блоком обробки даних, в якому вирішуються всі необхідні процедури для розв'язку задачі. Безпосередньо зв'язок з базами даних відбувається через ядро керування базами даних. Бази даних складаються з довідкових таблиць, в яких міститься інформація про постійну і умовно-змінну складові ІЗ.

Розроблене програмне забезпечення для автоматизованого формування маршруту обробки отворів містить необхідні екранні форми для перегляду, введення та редагування вхідної інформації та необхідні екранні форми для розрахунку та перегляду результатів роботи програми. На панелі інструментів вікна користувача програмної системи розміщено ряд стандартних та додаткових кнопок, результатом активації (натискання) яких є створення нового документа для введення нових даних ІЗ; відкриття існуючих файлів з наперед заданими параметрами; збереження поточного документа; друк результатів розрахунку програми; виведення на екран діалогового вікна введення вхідної інформації; проведення процесу обробки введеної інформації і виведення результатів на екран; отримання інформації про авторів програми.

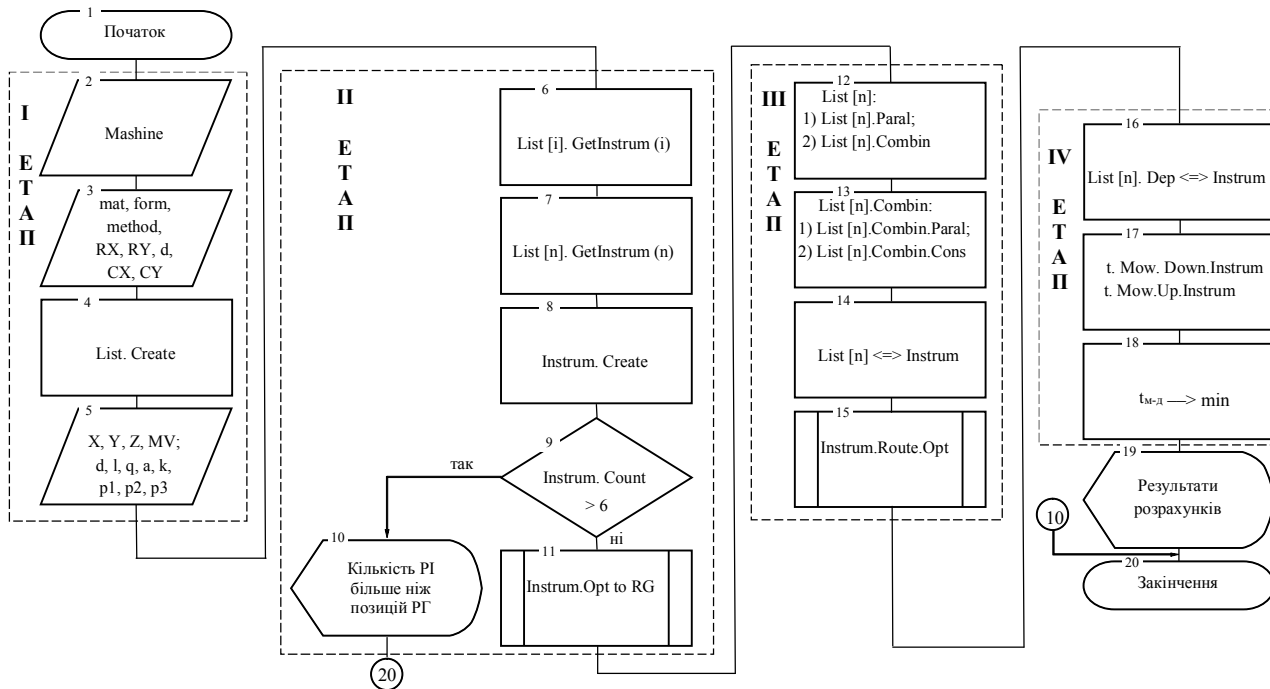


Рис. 5. Узагальнений алгоритм обходу осей отворів

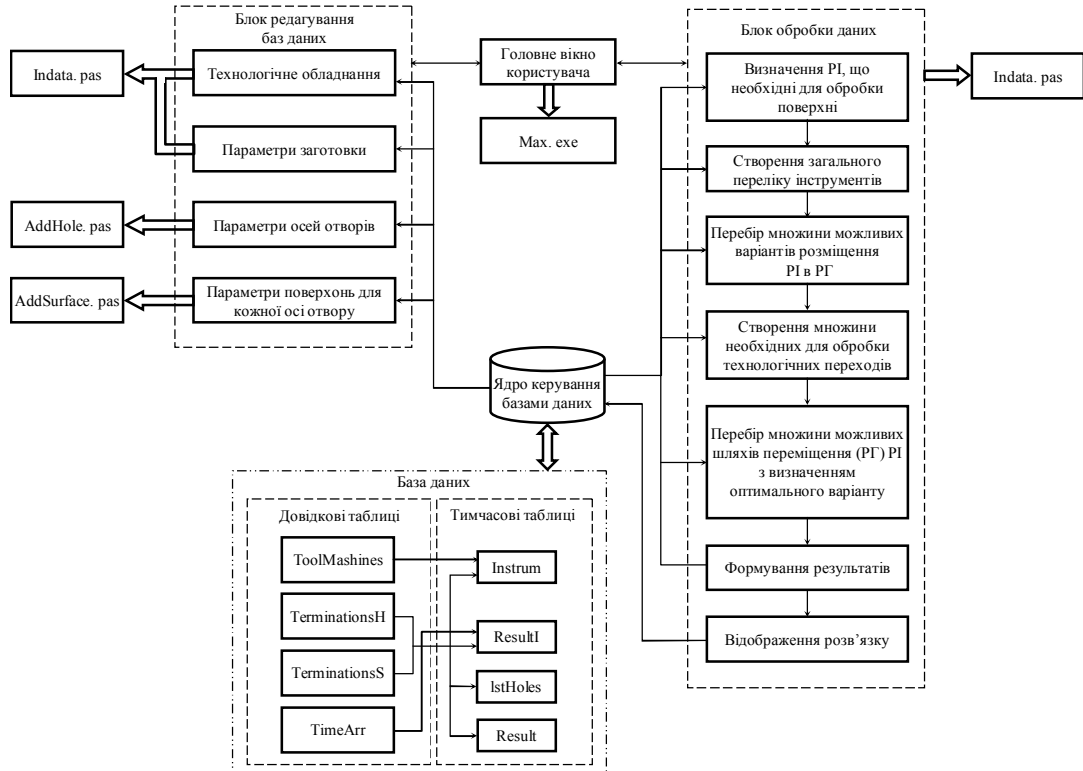


Рис. 6. Узагальнена функціональна схема розробленого ПЗ

Наприклад, при введенні вхідної інформації на екрані користувача з'являється діалогове вікно, яке складається з таких закладок, як "Набір інструментів", "Верстат", "Пристосування", "Інструменти для деталі", "Заготовка", "Деталь" (рис. 7, а). Натискаючи на дані закладки, можна переглядати або редагувати їх вміст. З лівого боку від вікна "Вхідні дані" у вікні "Попередній перегляд" відображається ескіз деталі, яку необхідно обробити (рис. 7, б).

	A	B	C	D	E	F	G
19	10	9,7	9,95	10H7	9,7	10H8	9,7
20	11	10,7	10,94	11H7	10,7	11H8	10,7
21	Я діаметр						
22	Отвори						
23	H7						
24	мм		Нашчирп		мм		Лиття
25	перше		друге		чорнова		чистова
26					чистова		чистова
27	12	10,7	-	11,82	11,94	12H7	-
28	13	11,7	-	12,82	12,94	13H7	12
29	14	12,7	-	13,82	13,94	14H7	13
30	15	13,7	-	14,82	14,94	15H7	14
31	16	14,25	-	15,82	15,94	16H7	15
32	17	15,25	-	16,82	16,94	17H7	16
33	18	16,25	-	17,82	17,94	18H7	17
34	19	16,5	-	18,75	18,93	19H7	18
35	20	17,5	-	19,75	19,93	20H7	19
36	21	18,5	-	20,75	20,93	21H7	20
37	22	19,5	-	21,75	21,93	22H7	21
38	23	20,5	-	22,75	22,93	23H7	22
39	24	21,5	-	23,75	23,93	24H7	23

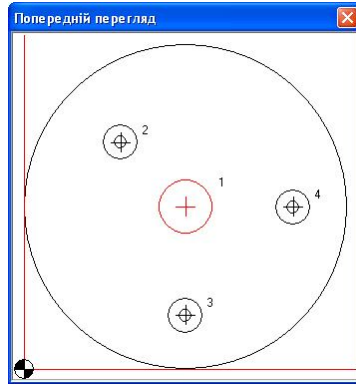


Рис. 7. Приклади екранних форм розробленого програмного продукту: а – діалогове вікно для введення вхідної інформації (рекомендований набір інструментів); б – відображення ескізу деталі у вікні "Попередній перегляд"

Розроблене програмне забезпечення передбачає наявність людини, яка може вносити корективи та приймати рішення. Результатом роботи програмного забезпечення (рис. 8) є рекомендований набір РІ для обробки деталі із заданими конструктивно-технологічними параметрами, оптимальна послідовність розташування РІ в РГ, оптимальні маршрути обходу осей отворів РІ, а також тривалості часу, що витрачається на допоміжні переміщення робочих органів аналізованого верстата.

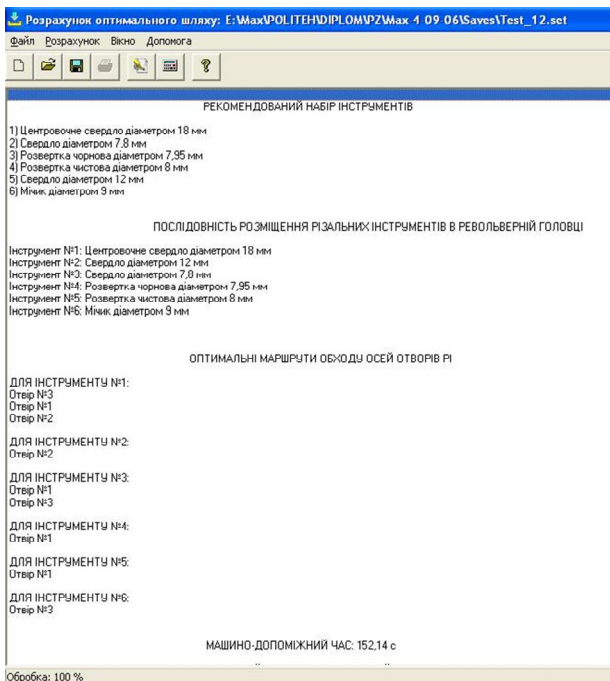


Рис. 8. Екранна форма виведення результатів розрахунку тестового прикладу

Для перевірки працездатності розробленого ПЗ з його використанням було розв'язано ряд тестових прикладів, що підтвердило його (ПЗ) переваги щодо швидкодії та трудомісткості.

Висновки. Результатом практичної реалізації алгоритмів, розроблених у відповідності до визначеної схеми автоматизованого синтезу маршруту обробки отворів, є альтернативні варіанти визначення шляхів обходу отворів на ВСВ з ЧПУ, які відповідають конкретному ТП. Впровадження розробленого програмного забезпечення дасть можливість зменшити час на технологічну підготовку виробництва, зменшити ймовірність виникнення помилок при прийнятті рішень на цьому етапі та збільшити продуктивність праці технологів-проектантів.

Розроблене ПЗ використовується у навчальному процесі Житомирського державного технологічного університету при підготовці фахівців напрямку підготовки 0925 "Автоматизоване управління технологічними процесами" з курсу „Технологія автоматизованого виробництва” при виконанні однієї з практичних робіт [3].

Напрямки подальших досліджень:

- адаптація розробленої методики до її використання при обробці отворів на радіально-свердлувальних верстатах з ручним управлінням;
- автоматизоване формування групових налагоджень РІ в РГ з врахуванням геометричних параметрів пристосувань та схем базування заготовок (деталей групи) в них;
- розробка рекомендацій щодо переналагодження РГ у випадках, коли кількість необхідних за ТП різальних інструментів перевищує кількість робочих позицій РГ;
- розробка програмного забезпечення більш зручного для користувача. Розширення бази даних для можливості вводу даних лише з поля типу “випадаючий список” для уникнення помилок зі сторони користувача.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Марголит Р.Б.* Наладка станков с программным управлением: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1983. – 253 с., ил.
2. *Маталин А.А., Френкель Б.И., Панов Ф.С.* Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. – 240 с.
3. *Кирилович В.А.* Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 1. Практичні заняття.: Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 156 с.
4. *Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П.* Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1990. – 588 с.
5. *Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А.* Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник / Під заг. ред. В.А. Кириловича – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 600 с.
6. *Кирилович В.А., Волковець М.В.* Інформаційне забезпечення задачі автоматизованого формування маршруту обробки отворів на вертикально-свердлувальних верстатах з ЧПУ // Тези XXXI науково-практичної конференції, присвяченої Дню університету 14–16 березня 2006 р. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – С. 29–30.
7. *Яремчук С.І.* Введення в математичні методи дослідження операцій: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 300 с.
8. *Коришонов Ю.М.* Математичні основи кібернетики: Навчальний посібник для вузів. – 3-є видання, перероблене і доповнене – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.

ВОЛКОВЕЦЬ Максим Вікторович – магістр Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки роботизованого механоскладального виробництва.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій, декан факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки механоскладального машино- та приладобудівного автоматизованого виробництва;

– автоматизований синтез роботизованих механоскладальних технологій.

E-mail: kiril_v@ztu.edu.ua

Тел. роб.: 38/0412-24-14-17

КРИЖАНІВСЬКА Ілона Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки роботизованого механоскладального виробництва.

E-mail: ilonna2002@mail.ru

Подано 17.11.2006

Волковець М.В., Кирилович В.А., Крижанівська І.В.
Автоматизоване формування маршруту обробки отворів на вертикально-свердлувальних верстатах з ЧПУ

Волковець М.В., Кирилович В.А., Крижановська І.В.
Автоматизированное формирование маршрута обработки отверстий на вертикально-сверлильных станках с ЧПУ

Volkovec M.V., Kyrylovych V.A., Kryzhanivska I.V. The computer-aided forming of route of bore machining on numerical control vertical-drill machine

УДК 658.512.011.56

Автоматизоване формування маршруту обробки отворів на вертикально-свердлувальних верстатах з ЧПУ / М.В. Волковець, В.А. Кирилович, І.В. Крижанівська

Здійснено комплексний аналіз факторів, що впливають на вибір методу обробки отворів, визначено склад та послідовність розв'язуваних складових задач. Запропоновані зручні для автоматичного опрацювання форми представлення вхідних даних. Розроблено інформаційне, методичне, алгоритмічне та програмне забезпечення автоматизованого розв'язку поставленої задачі.

УДК 658.512.011.56

Автоматизированное формирование маршрута обработки отверстий на вертикально-сверлильных станках с ЧПУ / М.В. Волковец, В.А. Кирилович, И.В. Крижановская

Проведенный комплексный анализ факторов, влияющих на выбор метода обработки отверстий, определены состав и последовательность решаемых составных задач. Предложены удобные для автоматической обработки формы представления исходных данных. Разработано информационное, методическое, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированного решения поставленной задачи.

УДК 658.512.011.56

The computer-aided forming of route of bore machining on numerical control vertical-drill machine / M.V. Volkovec, V.A. Kyrylovych, I.V. Kryzhanivska

The fully analysis of factors which influence on choice of bore processing method is done. The structure and order of solved component tasks is defined. The comfortable data presentation forms for automatic processing are proposed. The dataware, methods, algorithmic, software support of computer-aided solving of considered problem are working.

