

**В.А. Кирилович, к.т.н., доц., декан факультету ІКТ,  
І.В. Сачук, к.т.н., доцент кафедри АіКТ**  
*Житомирський державний технологічний університет*

## **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ДЛЯ ГВС**

*Розглянуто розроблене програмне забезпечення для автоматизованого розв'язання задачі вибору промислових роботів (ПР) агрегатно-модульної (АМ) конструкції на етапі вибору обладнання при технологічній підготовці гнучких виробничих систем (ГВС). Алгоритм роботи розробленого ПЗ базується на запропонованій багатоетапній методиці автоматизованого вибору АМ ПР і реалізований на персональній ЕОМ із застосуванням Delphi 5.0. Використання ПЗ сприяє зростанню якості рішень, які приймаються на етапах технологічної підготовки ГВС, та зменшенню їх тривалості, що є важливим при існуючій в сучасному виробництві тенденції швидкого переналадження виробництва на випуск нової або модернізованої продукції.*

**Постановка проблеми.** У практиці розв'язку інженерних задач великого значення набуває ефективність використання обчислювальної техніки для основних та допоміжних розрахунків [6]. Їх якість пов'язана з рівнем розвитку програмного забезпечення (ПЗ), що реалізує відповідні алгоритми. Крім цього, важливого значення набуває наявність в ПЗ зручного, інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, головною задачею якого є забезпечення наочного, як правило, двонаправленого обміну даними (діалогу) між користувачем та програмою. При цьому використання діалогових елементів забезпечує підвищення ефективності використання програмних засобів.

Наочність при роботі з програмними засобами – це ще один вагомий фактор, який суттєво впливає на рівень продуктивності в роботі системи “людина – комп'ютер”. Представлення вхідних даних у зручній для сприйняття людини формі (таблиці, графіки тощо), а також наявність зручних засобів організації вхідних даних (діалогові вікна, поля редакторів, перемикачі, списки тощо) привертає до інтуїтивно зрозумілого для користувача діалогу з програмним засобом. Відповідно до цього зменшується час взаємодії “людина – комп'ютер”, вивільняється додатковий час, збільшується ефективність використання ПЗ.

З огляду на те, що такі важливі та перспективні питання як проектування та використання ГВС, побудованих на основі агрегатно-модульного обладнання, є складними та недостатньо вивченими, визначається необхідність у дослідженні наявних з цієї тематики практичних та теоретичних робіт [5, 7, 9].

**Метою** даної статті є висвітлення результатів виконаних досліджень при розробці (з урахуванням наведених міркувань) програмного забезпечення розв'язку задачі автоматизованого вибору агрегатно-модульних (АМ) промислових роботів (ПР) при технологічній підготовці ГВС.

**Викладення основної частини.** Для зменшення трудомісткості процесу введення, перегляду, редагування вхідних даних різноманітних за характером та розміром [3] в програмі вибору АМ ПР розроблений зручний у використанні інтерфейс роботи з базами даних (БД). На основі введених вхідних даних (технологічних, технічних, економічних, інших характеристик структурних елементів ГВС, технологічних процесів (ТП), об'єктів маніпулювання (ОМ)) виконується робота алгоритму програм, яка призводить до результату: негативного чи позитивного. Негативний результат роботи програми виникає у випадку, коли початкові дані введені неправильно, і тому в процесі розрахунків може виникнути помилка. В цьому випадку робота програми закінчується, і на екрані з'являється вікно, в якому вказується причина зупинки. Позитивний результат має місце при правильному налаштуванні системи та коректності введених даних. Він зберігається для подальшого використання у файлах на диску. За необхідності його можна проглянути чи роздрукувати на принтері. Позитивним результатом є також порожня множина кінцевих розв'язків.

Алгоритм, що розроблений на основі запропонованої багатоетапної методики автоматизованого вибору АМ ПР [1, 4], реалізований на персональній ЕОМ із застосуванням мови програмування Delphi 5.0. Вибір цієї мови визначений можливістю ефективною обробки за її допомогою масивів інформації, що містять вхідні дані та проміжні результати розрахунків. Ця мова програмування передбачає можливість формування та обробки БД та має в своєму складі відповідні засоби для реалізації цих задач. Серед переваг цієї мови програмування є [8]:

- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що відповідає світовим стандартам;
- велика кількість візуальних та невізуальних об'єктів, що дозволяє значно скоротити час розробки програми;
- гнучкість до змін програми;

- наявність виконуваного автоматично динамічного виділення оперативної пам'яті;
- відсутність необхідності у компіляції за рахунок поступової реалізації програми;
- достатня математична функціональність, що дозволяє виконувати багато різноманітних математичних операцій над даними без залучення інших мов програмування (хоча існує така можливість).

Необхідно відзначити, що задачі оптимізації програми та розрахунків на ЕОМ представляють собою самостійну проблему, і подібні дослідження в роботі не проводились. Тому описане нижче ПЗ необхідно розглядати як практичну реалізацію запропонованої методики автоматизованого вибору кінематичних структур (КС) АМ ПР на етапі вибору технологічного обладнання (ТО) при автоматизації технологічної підготовки гнучкого виробництва, що підтверджує її дієздатність та функціональні можливості [1].

ПЗ організоване як відкрита система із закладеними в ній можливостями поповнення та розширення. Розроблене ПЗ представлено у вигляді ієрархічної програмної системи, яка складається з керуючої програми AMPR.exe та ряду наступних підпрограм, орієнтованих на реалізацію певних функцій роботи програми вибору АМ ПР (рис. 1):

- динамічна бібліотека AMPRres1.dll містить найбільш поширені функції програми, що використовуються в інших модулях та керуючій програмі, а також інформацію про структуру базових таблиць та типів даних, що використовуються в програмі;

- динамічна бібліотека AMPREd1.dll містить функції, що мають можливість здійснювати запис, коригування, видалення інформації про АМ комплекти та їх складові у відповідну БД АМ комплектів;

- динамічна бібліотека AMPREd2.dll містить функції, що дозволяють здійснити запис, коригування, видалення інформації у відповідних довідникових таблицях з даними про ОМ, ТО, ТП, схвати;

- динамічна бібліотека AMPRSt1.dll, яка містить функції, що забезпечують розв'язок складових задач вибору АМ ПР у відповідності до запропонованої методики, а також виведення результатів та формування звітів розв'язку програми.

Вхідні, проміжні та результуючі дані зберігаються у таблицях БД (використовується тип таблиць Paradox 7). Зв'язок ПЗ з БД здійснюється за допомогою ядра керування базами даних BDE. За функціональним призначенням в розробленому ПЗ використані наступні види таблиць:

- довідникові таблиці для збереження вхідної інформації, необхідної для вибору АМ ПР, яку вводить користувач ПЗ (ampr, ampr\_moduls, ampr\_moduls\_table, ampr\_moduls\_type, om, S, TO, ZAT, TP);

- таблиці-шаблони, що використовуються для формування структури таблиць для подальшого їх наповнення результуючими даними (eco\_new, gm\_new, points, route\_new, ROZTO\_new, step1\_new);

- результуючі таблиці, створені на базі таблиць-шаблонів, що зберігають дані, одержані в результаті розв'язку складових задач програмної реалізації методики вибору АМ ПР (*indAMPR*, *indAMPR\_1*, *ecoindAMPR\_1*, *pnindAMPR\_1*, *rzindAMPR\_1*, *tcindAMPR\_1*, *tmpindAMPR\_1*).

Функціонування ПЗ автоматизованого вибору АМ ПР повністю відтворює описані алгоритмами положення розробленої методики вибору. Так, при запуску керуючої програми AMPR.exe з'являється головне вікно користувача, за допомогою якого він може перейти до режиму роботи з базами даних або до безпосереднього вибору КС АМ ПР.

При цьому у випадку роботи користувача із БД ТО, ОМ, ТП або схватів активізується динамічна бібліотека AMPREd2.dll, а у випадку роботи користувача із БД АМ комплектів та їх складовими активізується динамічна бібліотека AMPREd1.dll. При переході користувача до процедури вибору АМ ПР активізується динамічна бібліотека AMPRSt1.dll. На кожному із етапів роботи програмного забезпечення вибору АМ ПР використовуються відповідні таблиці.

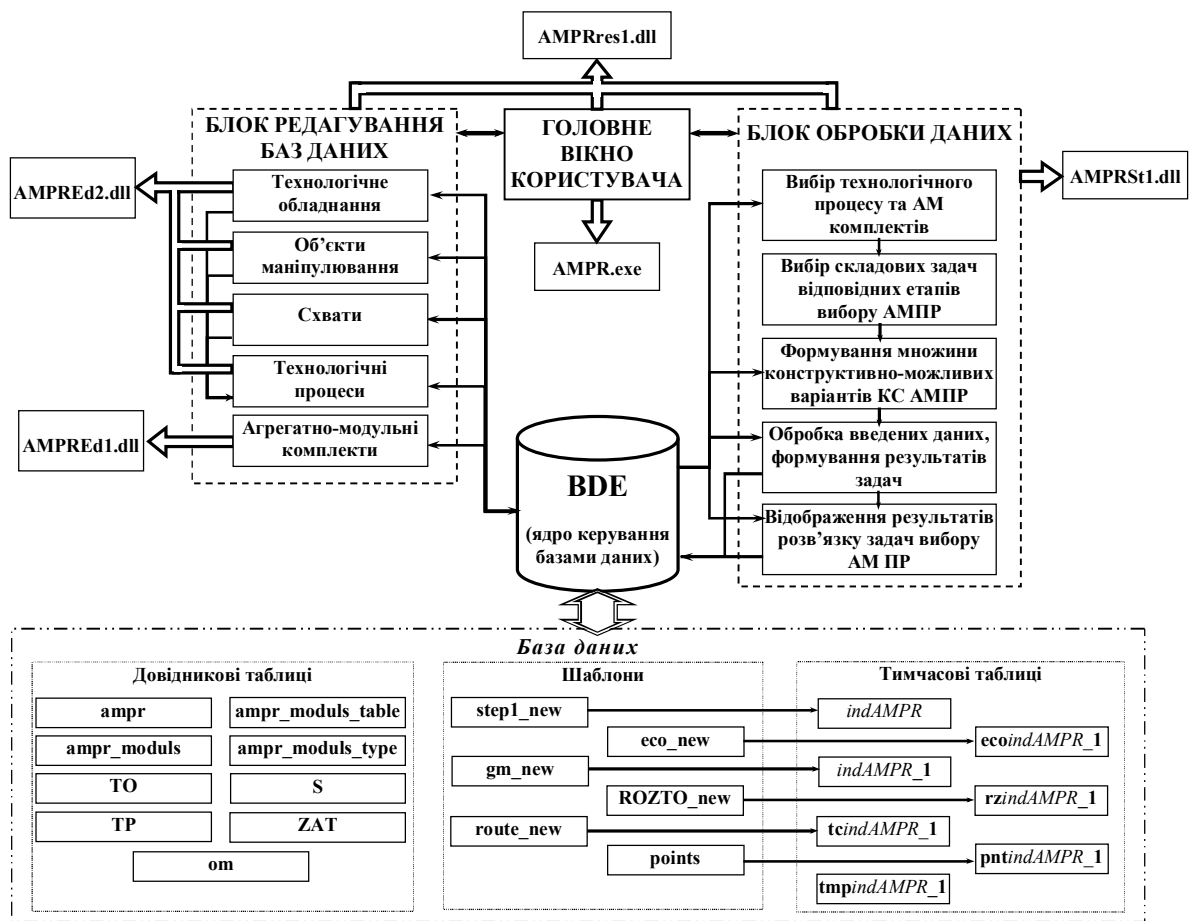


Рис. 1. Узагальнена схема функціонування ПЗ автоматизованого вибору АМ ІП

До робочого місця, на якому може використовуватись розроблене ПЗ запропонованої методики автоматизованого вибору КС АМ ІП, висуваються наступні програмно-апаратні вимоги:

- процесор Intel-сумісний;
- постійний запам'ятовуючий пристрій – не менше 100 Мбайт;
- оперативний запам'ятовуючий пристрій – не менше 64 Мбайт;
- відеокарта та монітор SVGA-сумісні;
- операційна система Windows 95 та більш пізніші версії;
- наявність ядра керування даними BDE.

Для введення вхідних даних та перегляду результатів роботи реалізованих алгоритмів призначені відповідні екранні форми. Наприклад, для введення та коригування даних про АМ комплекти та їх складові розроблена відповідна екранна форма (рис. 2), перехід до якої здійснюється через натискання вкладки "АМК агрегатно-модульний комплект" на початковій екранній формі програми. При цьому можна вибрати в БД існуючий АМ комплект для коригування даних, створити БД для нового комплекту, а також видалити або скопіювати існуючий. За допомогою форми введення інформації про АМ комплекти в БД АМ комплектів можна вводити інформацію про загальні відомості про комплект, а також про загальні відомості, геометричні та конструктивні параметри всіх його складових модулів. За допомогою вкладки "З'єднання модулів" відбувається перехід до форми заповнення таблиці можливих конструктивних з'єднань окремих пар модулів.

Необхідно відзначити, що введення вхідної інформації про АМ комплекти та їх складові модулі супроводжується коментарями та візуалізацією прийнятих позначень конструктивних та геометричних параметрів, що полегшує введення даних для користувача і зменшує можливість введення помилкової інформації при заповненні БД агрегатно-модульного комплекту.

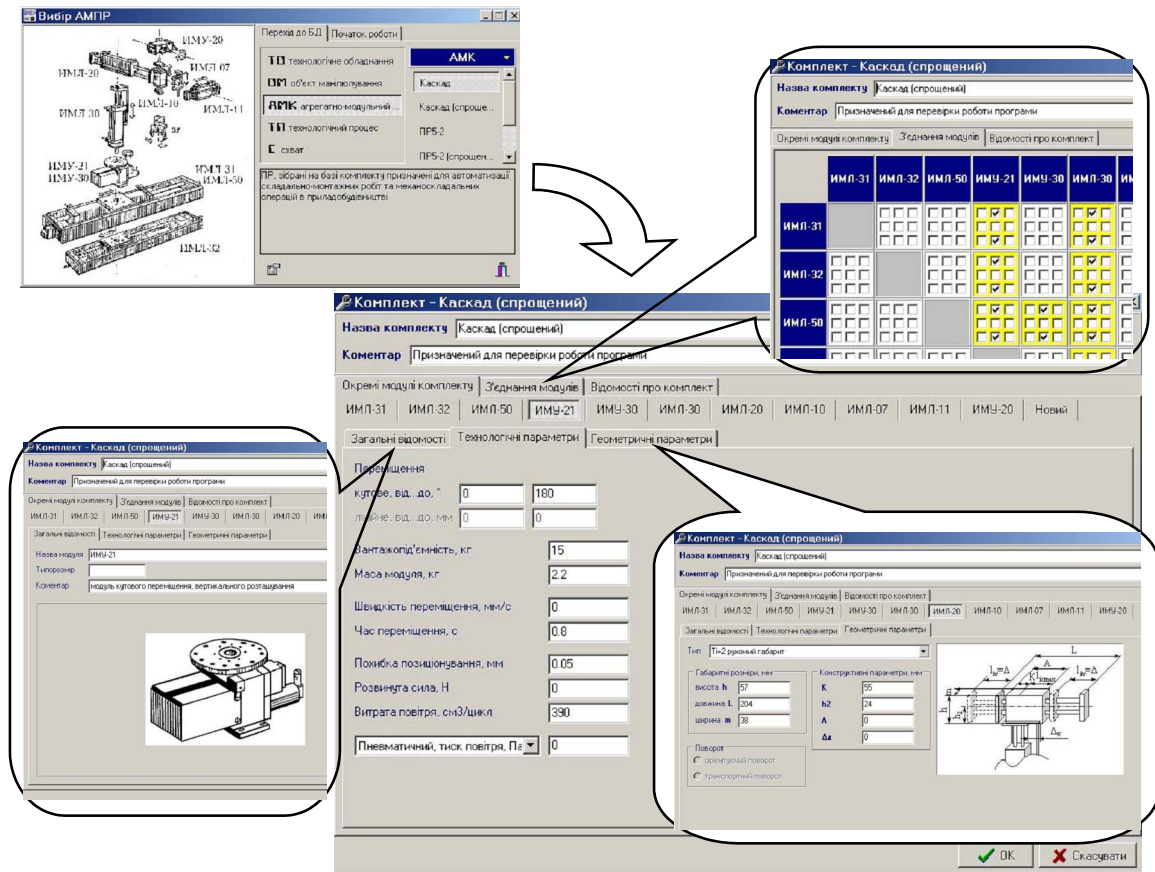


Рис. 2. Екранна форма введення інформації про АМ комплект та його складові

Для введення вхідних даних, що пов'язані з ТО, необхідно вибрати пункт "ТО технологічне обладнання" на початковій екранній формі програми, після чого відбувається завантаження екранної форми, що призначена для введення, редагування та перегляду вхідних даних про ТО (рис. 3).

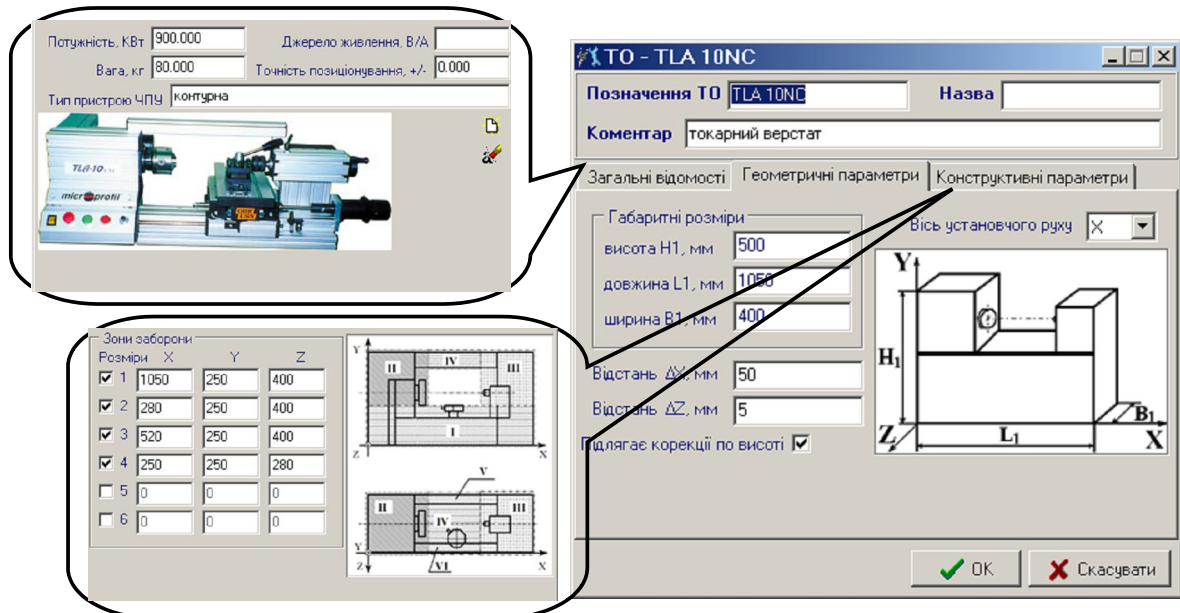


Рис. 3. Екранна форма введення інформації у БД ТО

Аналогічно реалізовані переходи до екранних форм БД ОМ, БД Схвату та БД ТП. Інтерфейс кожної із БД передбачає можливість створення нової, редагування або видалення існуючої, а також можливість копіювання існуючої БД елемента ГВС (введених параметрів) у відповідну БД з іншим найменуванням.

Відмітною особливістю введення даних до БД ТП є те, що серед іншої тут міститься інформація з інших БД. Так, наприклад, в БД для вибраного ТП визначається необхідний склад ТО з переліку технологічного обладнання, що міститься в БД ТО. Аналогічно із переліку наявних в БД ОМ та БД Схват вибираються ОМ та схват, що задіяні в розглядуваному ТП. При цьому при визначенні складу ТО послідовність визначеного обладнання вказує на послідовність його обходу об'єктом виробництва при реалізації необхідного ТП, тобто в БД ТО задаються такі параметри окремих структурних елементів ГВС, що проектується, які залежать від інших структурних елементів (наприклад, для кожного визначеного ТО вказується час технологічної обробки обраного ОМ). Серед інших даних у БД міститься інформація про початкові та кінцеві орієнтовані положення ОМ на кожній з вибраних одиниць ТО до та після технологічної дії на ОМ.

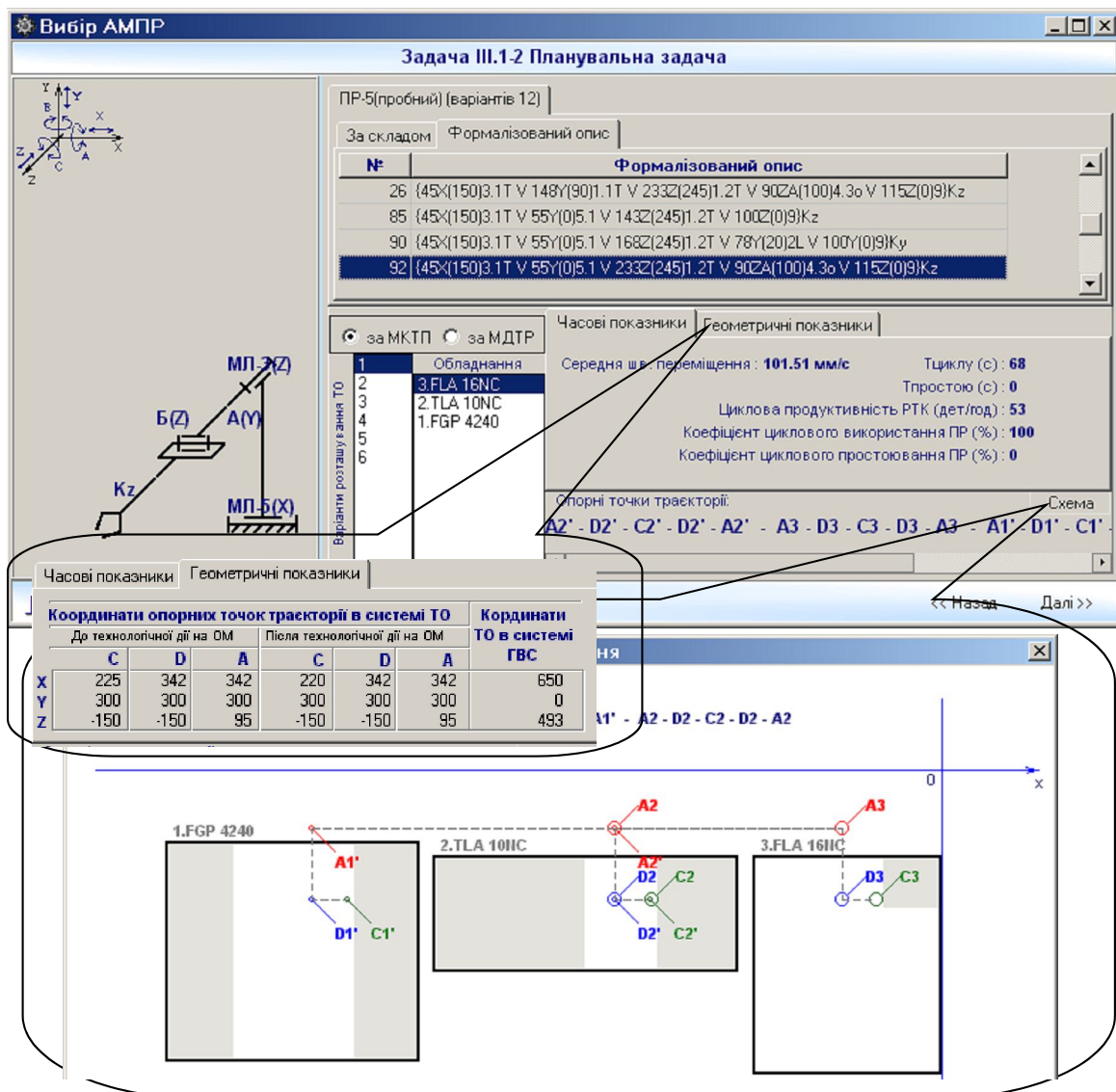


Рис. 4. Екранна форма виведення результатів розв'язку задач III.1 та III.2

Безпосереднє здійснення вибору КС АМ ПР починається після вибору необхідних параметрів, визначених конкретним ТП. Так, після переходу до закладки "Початок роботи", розташованій на початковій екранній формі роботи програми, визначаються аналізовані АМ комплекти. При цьому необхідно вказати, для якого ТП необхідно здійснити вибір КС АМ ПР.

Для перегляду проміжних результатів розв'язання складових задач вибору АМ ПР розроблені відповідні форми виведення результатів. Так, після відпрацювання програмою першого етапу вибору АМ ПР на екран виводиться інформація про множину конструктивно-можливих КС АМ ПР, які можна побудувати на базі вибраних АМ комплектів із зазначенням загальної кількості елементів в кожній із отриманих множин. Інформація про кожну конкретну КС АМ ПР подається у її формалізованому описі [2], графічному зображенні та переліку складових модулів.

Після розв'язання кожного із складових етапів та локальних задач запропонованої методики вибору КС АМ ПР одержані проміжні та остаточні результати виводяться на аналогічних екранних формах. При цьому, крім інформації про КС АМ ПР, що пройшли необхідні для їх вибору перевірки, за вимогою користувач може проглянути додаткові дані (проміжні результати), одержані в результаті розв'язку кожної з локальних задач, що спрощує аналіз отриманих результатів (рис. 4).

Практична перевірка працездатності програмного забезпечення, розробленого на базі запропонованої методики автоматизованого вибору КС АМ ПР, здійснювалась в умовах діяльності компанії "Алю-флекс" (м. Київ), одним з напрямків діяльності якої є конструювання та побудова ТО на базі агрегатно-модульних комплектів спеціального алюмінієвого пресованого профілю фірми "ІТЕМ" (Німеччина). Зменшення кількості проектних помилок при проектуванні ПР із модулів фірми "ІТЕМ" та скорочення термінів проектування, яке відмічалось при використанні розроблених методики та ПЗ автоматизованого вибору АМ ПР, дало можливість зробити висновок щодо їх практичної доцільності.

**Висновки.** Розроблене алгоритмічне та програмне забезпечення відтворюють запроповану багатетапну методику автоматизованого вибору КС АМ ПР та дозволяють автоматизувати процес їх вибору. Програмне забезпечення може використовуватись як незалежно при розв'язку локальних задач автоматизації технологічної підготовки гнучкого виробництва, так і як складова частина автоматизованих систем технологічної підготовки гнучкого виробництва. Використання розробленого ПЗ дає можливість зменшити вплив суб'єктивних факторів при виконанні необхідних розрахунків при виборі АМ ПР, зменшити кількість помилок, що виникають при цьому, чим підвищується якість рішень, що приймаються на етапах технологічної підготовки ГВС. Крім того, використання розробленого ПЗ дає можливість проаналізувати велику кількість альтернативних варіантів розв'язків при одночасному скороченні термінів виконання даних робіт, що підвищує обґрунтованість прийнятих рішень і сприяє швидкому переналадженню виробничих систем на випуск нової або модернізованої продукції.

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Кирилович В., Сачук І. Методика автоматизованого вибору агрегатно-модульних промислових робіт для механоскладання // *Technologia i automatyzacja montazu*. – Rzeszow-Bystre, Poland. – 2001. – № 2. – С. 54–57.
2. Кирилович В.А., Сачук І.В. Формализованное описание кинематических структур агрегатно-модульных промышленных роботов // *Сборка в машиностроении, приборостроении*. Вып. 2. – М.: Машиностроение, 2003. – С. 12–16.
3. Кирилович В.А., Сачук І.В. Зміст інформаційно-методичного забезпечення автоматизованого вибору кінематичних структур агрегатно-модульних промислових робіт // *MECHANICS 2004. Proceedings of the International Scientific Conference*. – Poland, Rzeszow, June, 2004. – Р. 217–224.
4. Сачук І. Стратегія та задачі автоматизованого вибору агрегатно-модульних промислових робіт для механоскладання // *Вісник ЖІТІ / Технічні науки*. – 2001. – № 17. – С. 109–112.
5. Сольнищев Р.И., Кононюк А.Е., Кулаков Ф.М. Автоматизация проектирования гибких производственных систем. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 415 с.
6. ЭВМ в проектировании и производстве: Сб. статей. Вып. 3 / В.В. Адамчик, А.В. Амосов, С.А. Арустамов и др. / Под общей ред. Г.В. Орловского. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 397 с.
7. Ямпольский Л.С., Калинин О.М., Ткач М.М. Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства. – К.: Вища школа, 1987. – 271 с.
8. Delphi 5.0. Справочное пособие – М.: ООО «Бином-Пресс». – 2002. – 1024 с.
9. *Robot Technology Fundamentals* / By James G. Keramas. Engineering Technology University of Massachusetts, 1999. – 408 p.

КИРИЛОВИЧ Валерій Анатолійович – доцент, кандидат технічних наук, 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.

Тел. роб.: 38/0412-24-14-17, дом.: 38/0412-34-01-65

E-mail: kiril\_v@ziet.zhitomir.ua

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

Наукові інтереси:

– автоматизація технологічної підготовки гнучкого механоскладального виробництва.  
Тел. роб.: 38/0412-37-46-24, дом.: 38/0412-22-93-02  
E-mail: [ilonna2002@mail.ru](mailto:ilonna2002@mail.ru)

УДК 621.865.8

Программное обеспечение автоматизированного выбора агрегатно-модульных промышленных роботов / В.А. Кирилович, И.В. Сачук

Рассмотрено разработанное программное обеспечение (ПО) для автоматизированного решения задачи выбора промышленных роботов (ПР) агрегатно-модульной (АМ) конструкции на этапе выбора оборудования при технологической подготовке гибких производственных систем (ГПС). Алгоритм работы разработанного ПО базируется на предложенной многоэтапной методике автоматизированного выбора АМ ПР и реализованный на персональной ЭВМ с использованием *Delphi 5.0*. Использование ПО способствует росту качества решений, принимаемых на этапе технологической подготовки ГВС, и уменьшению их длительности, что важно при существующей в современном производстве тенденций к быстрым переходам на выпуск новой или модернизированной продукции.

УДК 621.865.8

The software for automated choice of aggregate-modular industrial robots / V.A. Kyrylovych, I.V. Sachuk

The developed software for automated solving of the task of the choice of aggregate-modular (AM) industrial robots (IR) on the stage of choice of the equipment under the production tooling of flexible fabrications is considered. The algorithm of the developed software is based on offered multistage methods of automated choice of AM IR. It is implemented on personal computer with using *Delphi 5.0*. Using software contributes to increasing of quality of making decisions on stages of production tooling of flexible fabrications. Also it contributes to decreasing duration of stages of production tooling of flexible fabrications, and it is important in present-day tendency to fast manufactures reconstruction for new or modernized production output.