

УДК 621.9

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.12-23>

В.А. Мажара, доц., канд. техн. наук, **К.К. Щербина**, доц., канд. техн. наук, **А.М. Артюхов**, доц., канд. техн. наук, **С.А. Тененика**, асист., **І.С. Шестаков**, здобувач
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: majara@ukr.net

Система автоматизованого проєктування технологічного оснащення

В статті наведені результати розробки САПР типового технологічного оснащення. Було проведено аналіз типових затискних пристроїв, що дав змогу створити передумови для розробки системи автоматизованого проєктування технологічного оснащення. Розроблено блок-схеми головної програми, основної вирішувальної процедури, процедури визначення сил затиску, процедури визначення діаметра силового привода на основі яких розроблено систему автоматизованого проєктування типового технологічного оснащення. Дана система за вхідними даними розраховує діаметр силового привода який потрібен для створення затискного зусилля необхідного для утримання деталі в процесі обробки. Виконано опис компонентів, які використані при створенні головної форми проєкту та наведені приклади вигляду форм проєкту при успішному та неуспішному відпрацюванні. Використання розробленої системи дозволяє швидко і якісно виконувати проєктування затискних пристроїв. Значно скорочуються етапи виконання креслень в порівнянні з ручним методом.

затискний пристрій, технологічне оснащення, зусилля затиску, автоматизоване проєктування, діаметр силового привода

Постановка проблеми. Останнім часом в машинобудуванні намітилась тенденція розширення галузі. Розробляються і впроваджуються у виробництво багато зразків нової техніки. Для підвищення її конкурентноспроможності необхідна постійна робота, що спрямована на зниження витрат виробництва, підвищення продуктивності праці та скорочення термінів розробки нових виробів [1]. Отже добробут суспільства та його положення у світовому співтоваристві значною мірою визначаються рівнем продуктивності суспільної праці. Оскільки сучасні умови характеризуються стрімким розвитком виробництва в усіх галузях народного господарства, то це і визначає пріоритетне значення машинобудування, завданням якого є виробництво, що полегшує працю людини й підвищує її продуктивність.

Тож для підвищення продуктивності праці робітника, який проєктує технологічне оснащення було розроблено систему автоматизованого проєктування технологічного оснащення. Автоматизація проєктування технологічного оснащення сприяє зменшенню витрат матеріальних засобів і часу на його проєктування та виготовлення, а відповідно скорочення часу на виробництво нових виробів, зниження їх собівартості тощо.

Аналіз основних досліджень і публікацій. На світовому ринку САПР найбільш відомими є провідні світові виробники CAD/CAM/CAE технологій, такі як Autodesk, Bentley, Computer-Vision, IBM, Intergraph, SDRC, Unigraphics Solutions, Parametric Technology Corporation. Ці компанії, створені в різний час, займають ніші ринку, що закріпилися за ними, й відрізняються за функціональними можливостями [1].

Існуючі програмні продукти необхідно оцінювати не тільки за функціональними можливостями кожної системи, а й за тим, аби різні програмні пакети добре взаємодіяли один з одним, а розробник (постачальник) був надійним і міг надати кваліфіковану підтримку на всіх стадіях впровадження – від вибору оптимальної конфігурації робочих місця до післягарантійного обслуговування та різноманітних змін [8].

На сучасному ринку систем автоматизованого проектування налічується значна кількість різноманітних програмних продуктів, зокрема параметричні креслярсько-конструкторські системи з широким набором стандартних бібліотек і конструкторських додатків, системи твердотільного параметричного моделювання, системи параметричного твердотільного конструювання, системи управління інженерним документообігом, система програмування обробки на верстатах з ЧПУ [3, 7, 8].

Більшість з цих систем не призначені для ведення інженерних розрахунків, таких як, розрахунок сили затиску деталі чи розрахунок параметрів силового привода затискного пристрою. Сама методика розрахунку цих параметрів загальновідома, і досить широко та детально представлена в різних літературних джерелах [2, 6, 9, 10, 11, 14].

При аналізі літературних джерел, стосовно наявності систем для ведення вищезазначених інженерних розрахунків було виявлено, що більшість наявної інформації мають оглядовий характер, а розрахунки окремих елементів в середовищі Delphi представлені в роботах [4 та 5].

Тож проведений аналіз існуючих систем автоматизованого проектування показав, що існує значна кількість систем призначених для моделювання, але відсутні системи для проведення інженерних розрахунків. Тож вирішено побудувати власний алгоритм виконання поставленої задачі, для типових затискних пристроїв, з написанням програми в середовищі Delphi.

Постановка завдання.

Мета роботи: розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення, що використовується при обробці деталей типу «Вали», «Втулки», «Шестерні».

Для досягнення мети, нами вирішувались наступні задачі:

провести аналіз типових затискних пристроїв з метою створення передумов для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення;

розробити блок-схеми головної програми, основної вирішувальної процедури, процедури визначення сил затиску, процедури визначення діаметра силового привода;

на основі розроблених блок-схем розробити систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення, яка за вхідними даними буде розраховувати діаметр силового привода, що потрібен для створення зусилля необхідного для утримання деталі в процесі обробки.

Викладення основного матеріалу. Розробку системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення в середовищі Delphi, яка за вхідними даними буде розраховувати діаметр силового привода почнемо з розробки ієрархії визначення діаметра силового привода (рис. 1). Також розробимо (рис. 2) блок-схему головної процедури проекту.

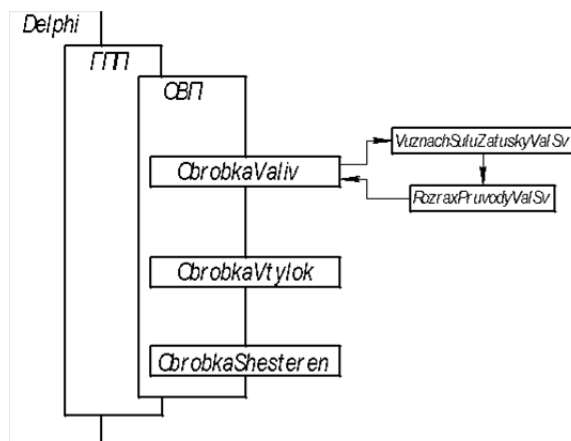


Рисунок 1 – Ієрархія визначення діаметра силового привода

Джерело: розроблено авторами

Блок-схема головної програми MAIN

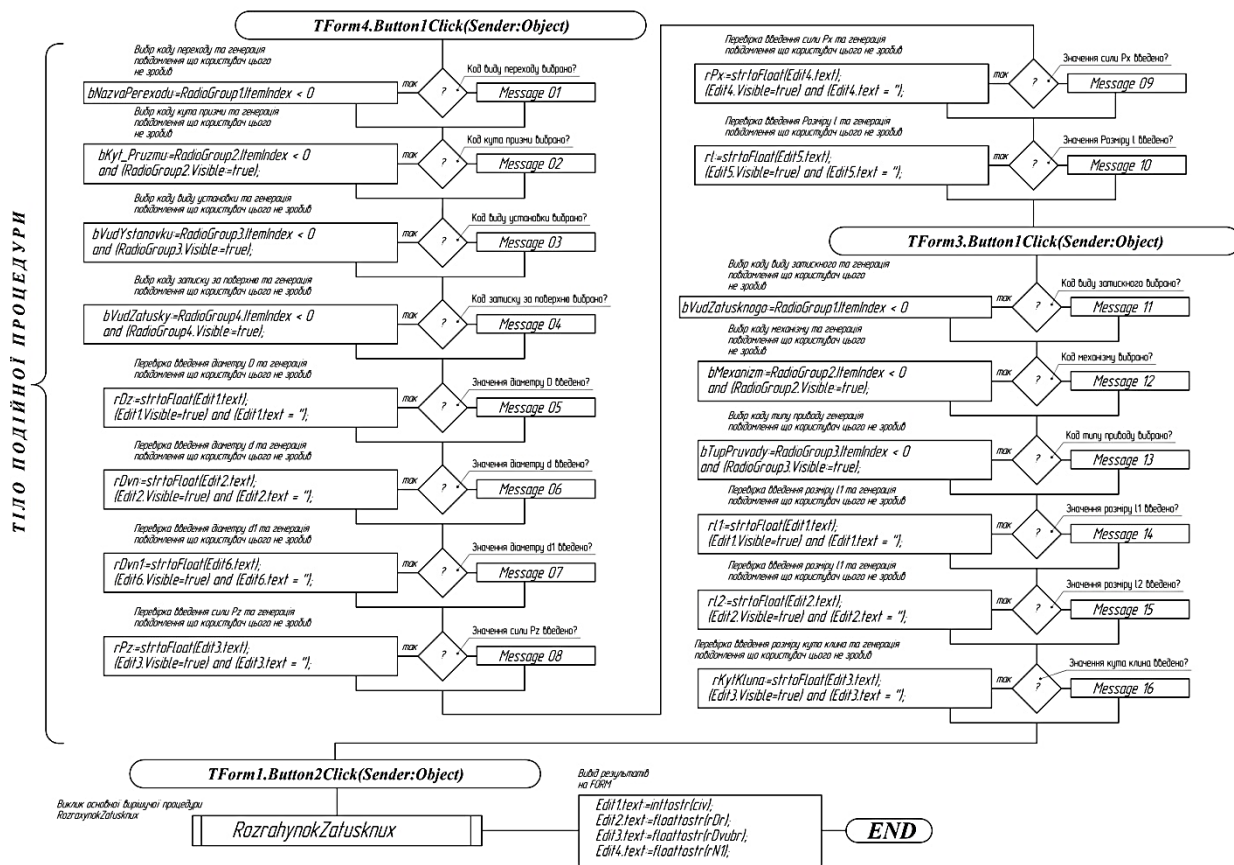


Рисунок 2 – Блок-схема головної процедури проекту (ГПП)

Джерело: розроблено авторами

В таблиці 1 наведемо процедури та їх опис.

Таблиця 1 – Процедури та їх опис

Назва процедури	Призначення та опис процедури
ГПП, або «main»	Головна процедура проекту
ОБП, або «RozrahynokZatusknux»	Основна вирішуюча процедура проекту
«ObrobkaValiv»	Процедура визначення сили затиску та діаметра силового привода для деталей класу вали
«ObrobkaVtylok»	Процедура визначення сили затиску та діаметра силового привода для деталей класу втулки
«ObrobkaShesteren»	Процедура визначення сили затиску та діаметра силового привода для деталей класу шестерні
«VuznachSuluZatuskyValSv»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на свердлильній операції
«RozraxPruvodyValSv»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу вали на свердлильній операції
«VuznachSuluZatuskyValTok»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на токарній операції
«RozraxPruvodyValTok»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу вали на токарній операції
«VuznachSuluZatuskyValFrez»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на фрезерній операції
«RozraxPruvodyValFrez»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу вали на фрезерній операції
«VuznachSuluZatuskyVtylSv»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на свердлильній операції
«RozraxPruvodyVtylSv»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу втулки на свердлильній операції
«VuznachSuluZatuskyVtylTok»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на токарній операції
«RozraxPruvodyVtylTok»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу втулки на токарній операції
«VuznachSuluZatuskyVtylFrez»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на фрезерній операції
«RozraxPruvodyVtylFrez»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу втулки на фрезерній операції
«VuznachSuluZatuskyZyboobrobka»	Процедура визначення сили затиску для деталей класу шестерні на зубообробних операціях
«RozraxPruvodyZyboobrobka»	Процедура визначення діаметра силового привода для деталей класу шестерні на зубообробних операціях
«VubirKlasyDet»	Процедура визначення вхідних даних по вибору класу деталей
«VubirPerexody»	Процедура визначення вхідних даних по вибору переходу для вибраного класу деталей
«VubirZatusknogo»	Процедура визначення вхідних даних по вибору затискного пристрою, його силового механізму та виду привода по вибраному класу деталей та переходу

Джерело: розроблено авторами

Розробимо (рис. 3) блок-схему основної вирішуючої процедури.

Блок-схема основної вирішуючої процедури

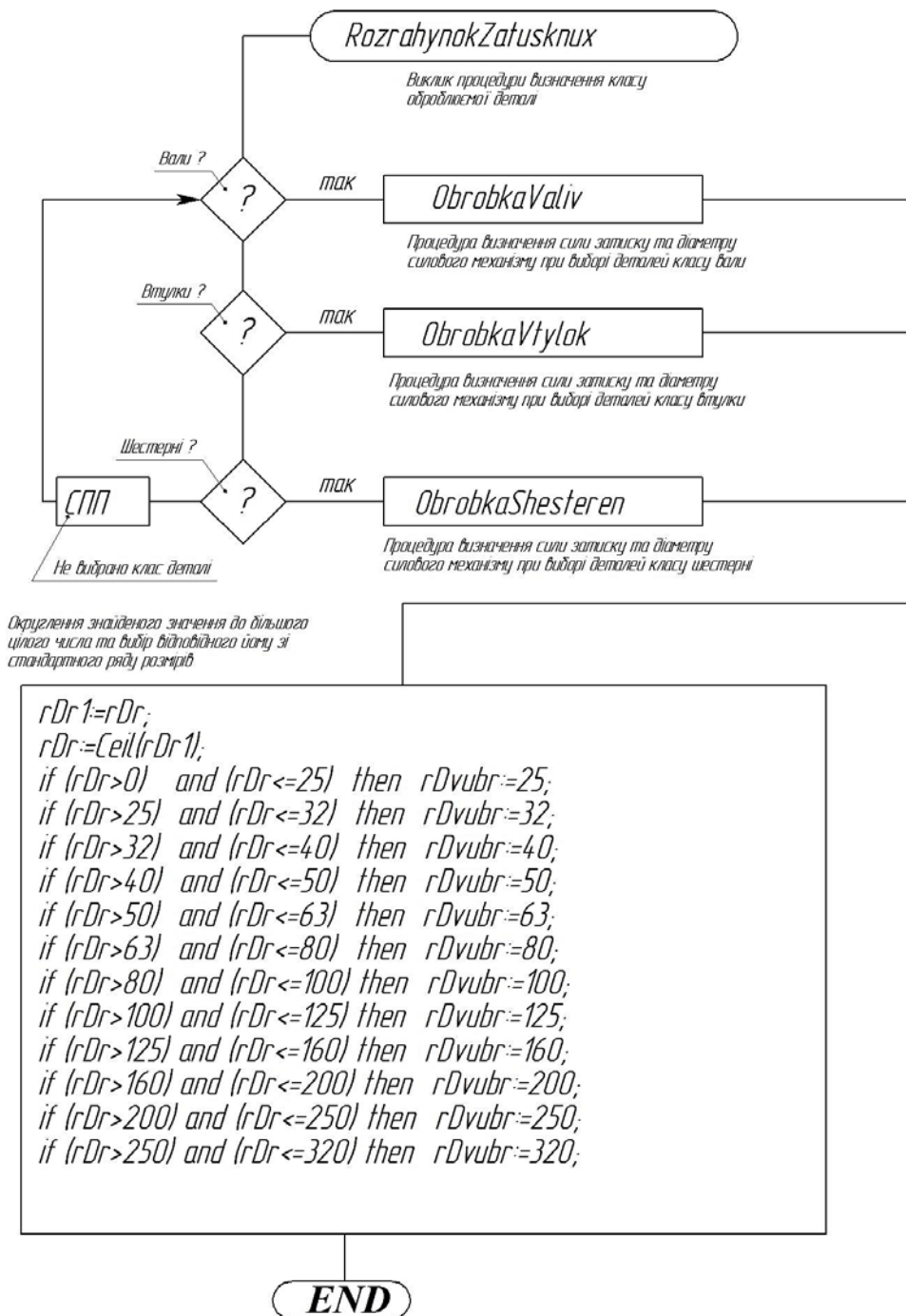


Рисунок 3 – Блок-схема основної вирішуючої процедури

Джерело: розроблено авторами

Також було розроблено блок-схеми процедур визначення сили затиску деталей різних класів на різних операціях. На рисунку 4 наведено блок-схему процедури визначення сили затиску деталей типу втулки на токарній операції.

Блок-схема процедури визначення сили затиску деталей класу втулки на токарній операції

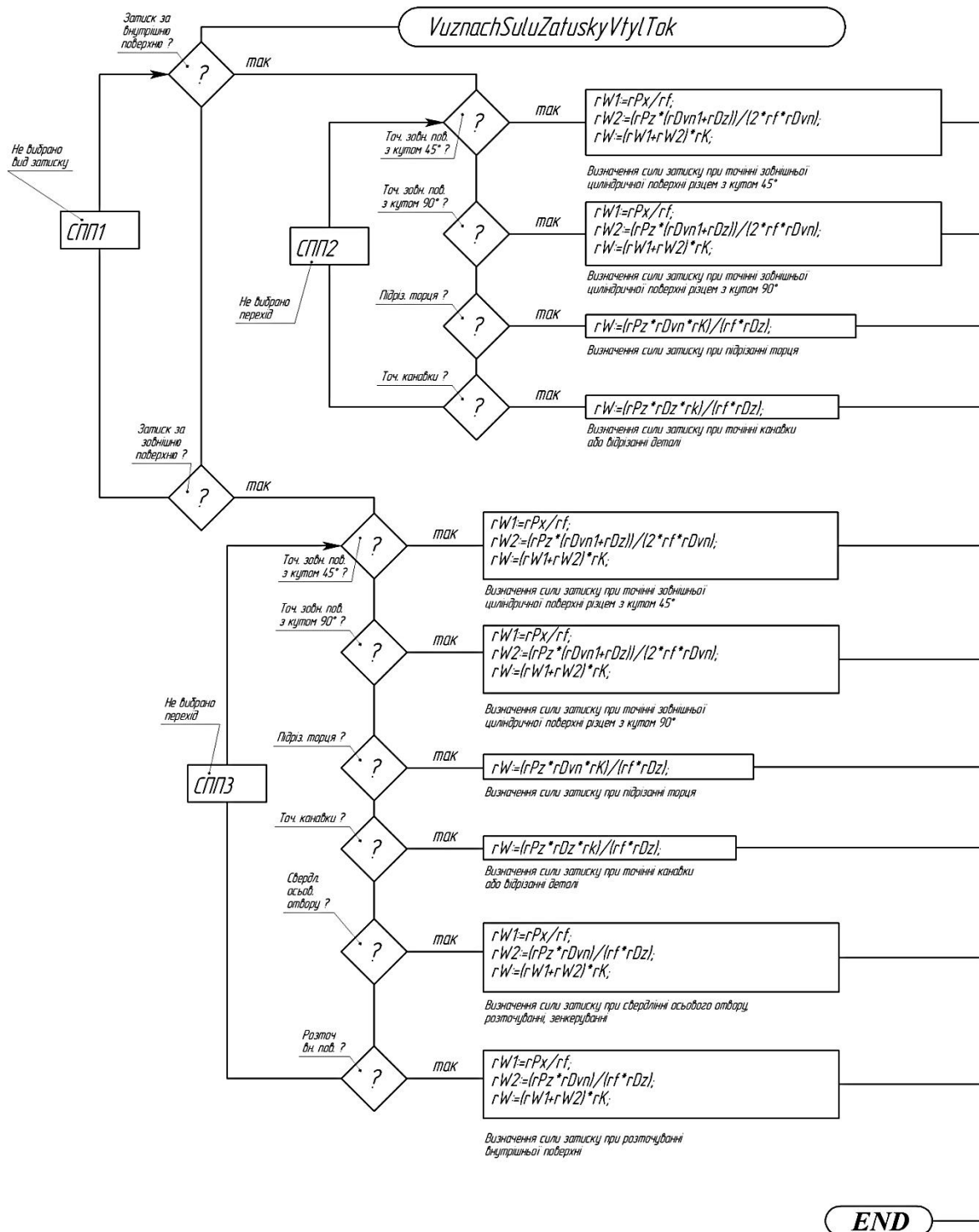


Рисунок 4 – Блок-схема процедури визначення сили затиску деталей типу втулки на токарній операції

Джерело: розроблено авторами

Також було розроблено блок-схеми процедур визначення діаметра силового механізму для обробки деталей різних класів на різних операціях. На рисунку 5

наведено блок-схему процедури визначення діаметра силового механізму для деталей класу вали на фрезерній операції.

Блок-схема процедури визначення діаметру силового механізму для деталей класу вали на фрезерній операції

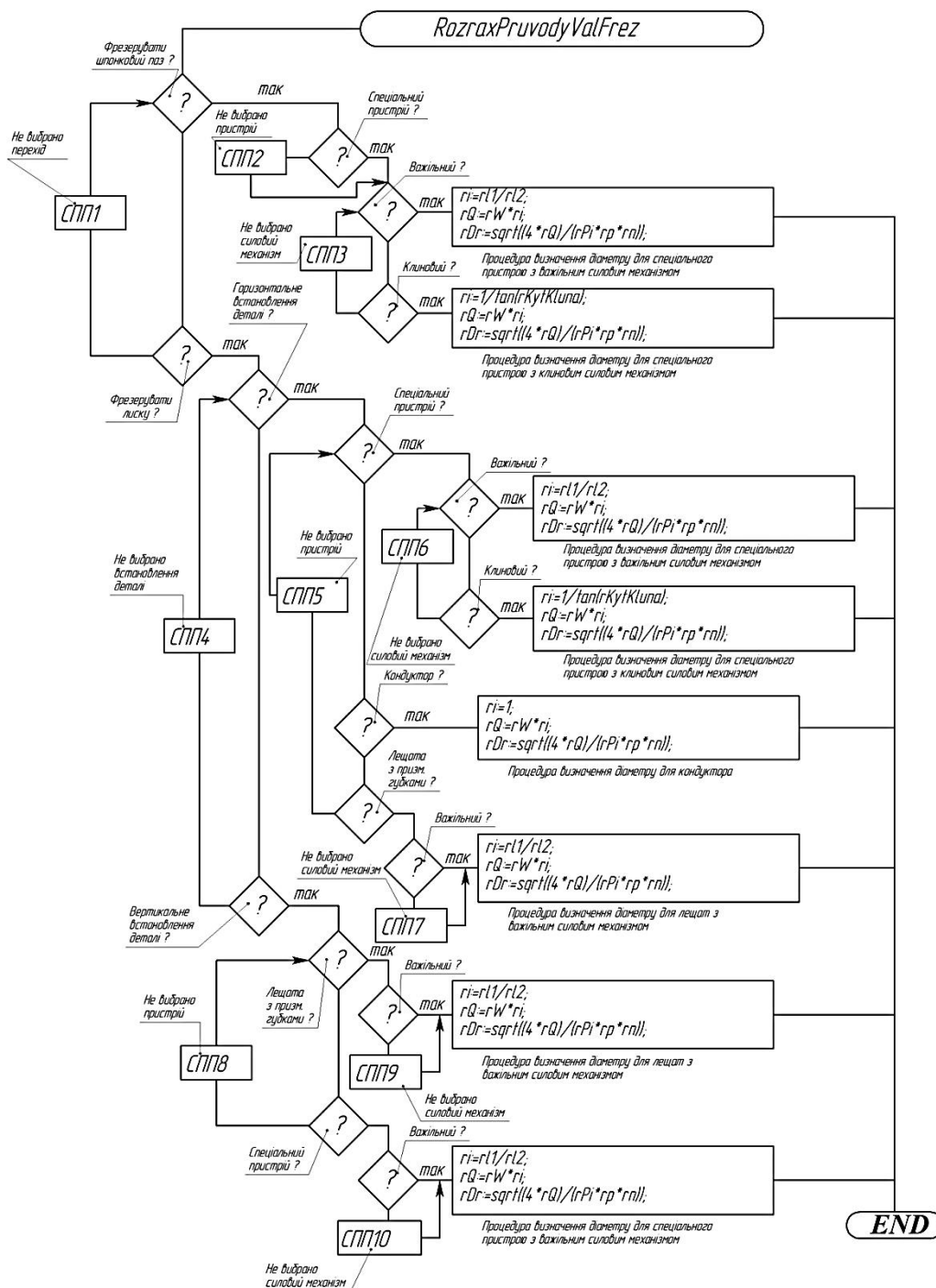


Рисунок 5 – Блок-схема процедури визначення діаметра силового механізму для деталей класу вали на фрезерній операції

Джерело: розроблено авторами

Створення головної форми проєкту здійснюється шляхом використання набору компонентів Label, Edit, ComboBox, Button, Memo, CheckBox, Panel, RadioGroup та з обов'язковим використанням пакету базових процедур Unit_dcu_integral_technol_40_160606_080108.dcu.

У головній формі проєкту використовуються такі компоненти та їх властивості:

Label → Caption, Font (TFont...);

Edit → Text, Font (TFont...);

ComboBox → Text, Font (TFont...), Items (TStrings...);

Button → Caption, Font (TFont...);

Memo → Lines (TStrings...);

CheckBox → Caption, Font (TFont...), Checked;

Panel → Caption, Color;

RadioGroup → Text, Font (TFont...), Items (TStrings...).

Задані властивості компонентів мають певні абстрактні значення по замовчуванню. Для того, щоб вони відображали суть нашої задачі необхідно змінити типові значення на конкретні.

Для зміни властивостей компонентів необхідно звернутись до :

Object Inspector → Properties.

В даній головній формі проєкту:

Компонент Label → Caption використовується для запису;

Компонент Edit → Text використовується для вводу та виводу;

Компонент ComboBox → Text використовується для запису;

Компонент RadioGroup → Text використовується для запису;

Компонент Button, властивості Caption якого ми присвоюємо значення «Підрахувати», використовується для створення подвійної процедури, яка є головною в проєкті.

Компонент Memo → Lines (TStrings...) використовується для виводу ситуаційних повідомлень, які можуть бути генеровані основною вирішувальною процедурою.

Компонент CheckBox → Caption використовується для запису.

Компонент Panel → використовується як контейнер для інших компонентів, з тим щоб полегшити продукування клонів головної форми проєктів в інших проєктах. При цьому властивість Caption, яка по замовчуванню розміщуються в центрі панелі, краще очистити, а при необхідності її підписати рекомендується скористатись компонентом Label.

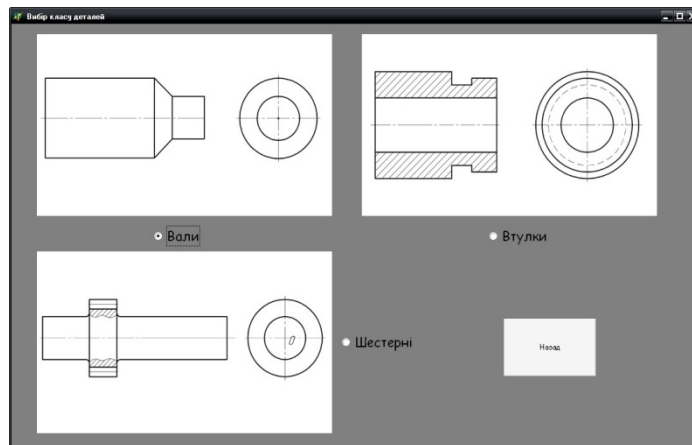


Рисунок 6 – Приклад вибору класу деталей на головній формі проєкту

Джерело: розроблено авторами

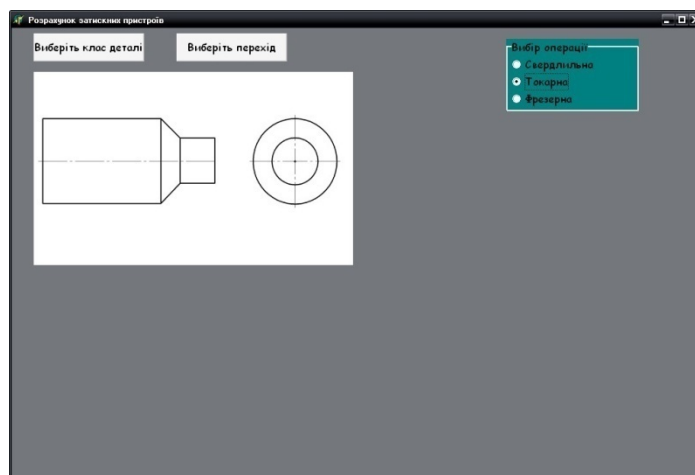


Рисунок 7 – Головна форма проекту після вибору класу деталей та операції

Джерело: розроблено авторами

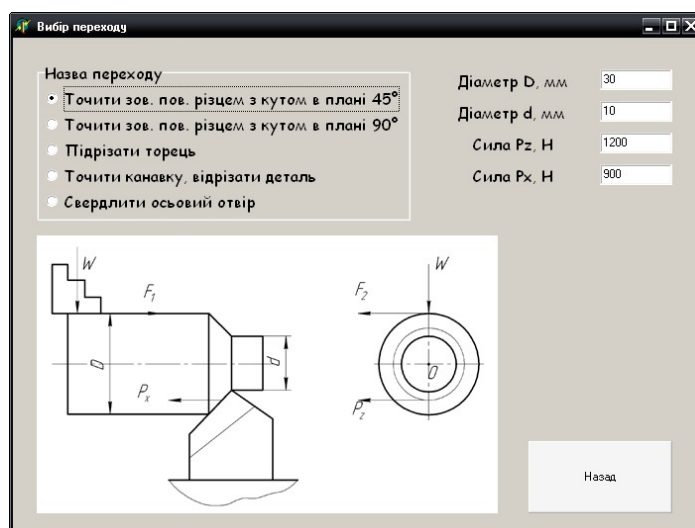


Рисунок 8 – Приклад вибору переходу на головній формі проекту

Джерело: розроблено авторами

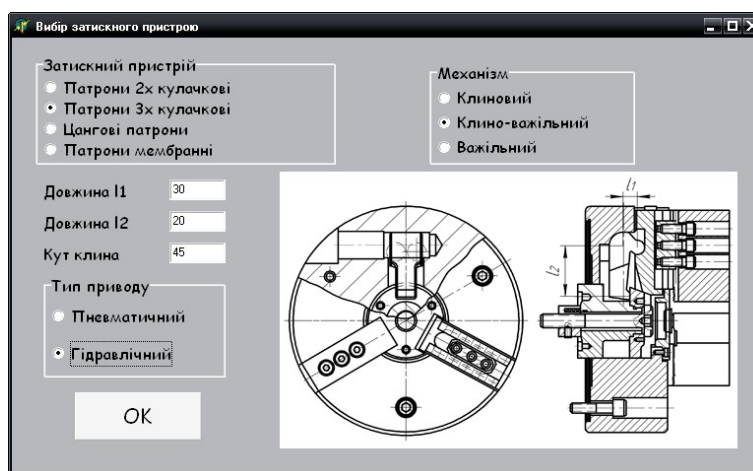


Рисунок 9 – Приклад вибору затискного пристрою на головній формі проекту

Джерело: розроблено авторами

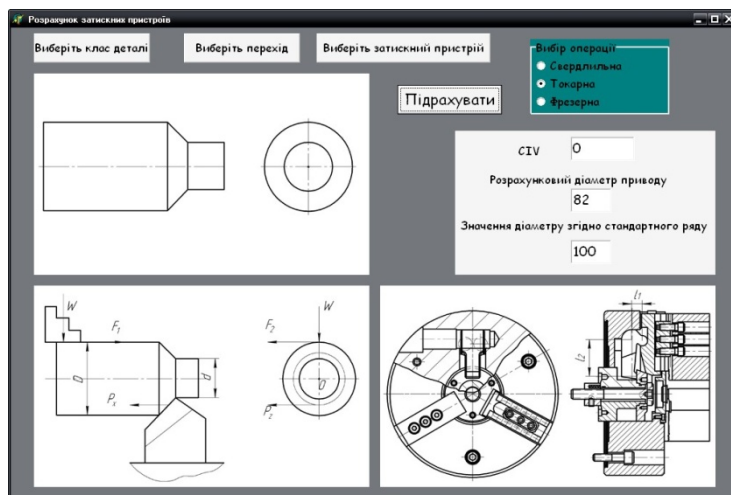


Рисунок 10 – Видгляд головної форми проекту при успішному відпрацюванні
Джерело: розроблено авторами

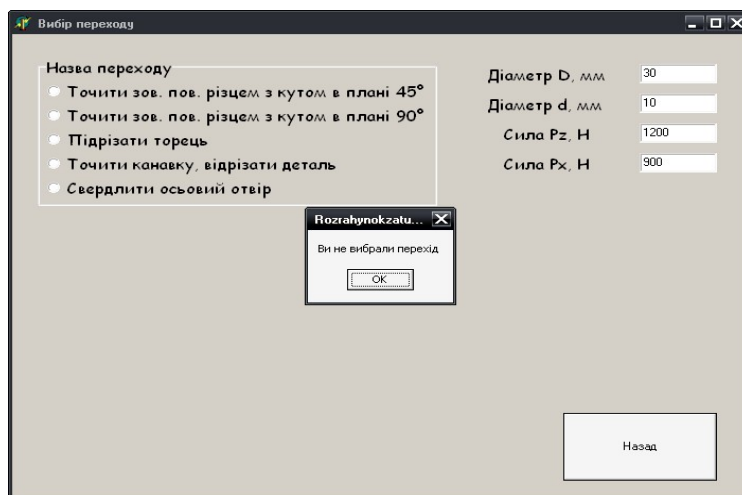


Рисунок 11 – Видгляд головної форми при одному з варіантів неуспішного відпрацювання проекту (не вибрано перехід)
Джерело: розроблено авторами

На рисунку 6 зображено форму вибору класу деталей з компонентами Image, RadioButton та Button. Після вибору класу деталей програма повертає нас на головну форму проекту, де з'являється компонент RadioGroup для вибору операції рисунок 7. На рисунку 8 зображено форму вибору переходів для обраного класу деталей, з компонентами Label, Edit, RadioGroup, Button та Image. Вибір затискного пристрою, а також силового механізму та типу привода зображено на рисунку 9. На рисунку 10 представлено вигляд програми при успішному відпрацюванні. В цьому вікні ми бачимо розрахований діаметр силового привода та відповідне йому значення зі стандартного ряду, а також значення CIV, яке рівне 0, що показує на відсутність помилок.

При некоректному зверненні до програми, вона видає відповідні повідомлення, як на рисунку 11. В даному випадку була спроба без вказання переходу порахувати діаметр силового привода.

Висновки. 1. Проведений аналіз типових затискних пристроїв, дав змогу створити передумови для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення.

2. Розроблено блок-схеми головної програми, основної вирішувальної процедури, процедури визначення сил затиску, процедури визначення діаметра силового привода на основі яких розроблено систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення. Дана програма за вхідними даними розраховує діаметр силового привода який потрібен для створення затискного зусилля, необхідного для утримування деталі в процесі обробки.

Використання САПР дозволяє швидко і якісно виконувати проектування затискних пристроїв. Значно скорочуються етапи виконання креслень в порівнянні з ручним методом. Автоматичним і автоматизованим методикам підготовки виробництва властива постійна готовність вихідної інформації, яка необхідна для рішення ряду задач автоматизованої системи керування підприємством.

Список літератури

1. Сиротинський О.А. Основи автоматизації проектування машин : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів. Рівне : УДУВГП, 2003. 252 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/13584/1/Posibn_sapr%20%281%29.pdf (дата звернення: 08.09.2024)
2. Григурко І.О., Анастасенко С.М., Будуров В.Л. Проектування технологічного оснащення : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів. Львів : "Новий Світ-2000", 2021. 218 с.
3. Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2016, 352 с.
4. Безменов М. І. Основи програмування у середовищі Delphi : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. 608 с.
5. Коваленко І.В., Федорів П.С. Системне програмування у Windows з прикладами на Delphi : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2012. 319 с.
6. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої : навч. посіб. Київ : «Кондор», 2008. 220 с.
7. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Проектноконструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2001. 277 с.
8. Кузнецов Ю. М., Придальний Б.І. Передумови автоматизації пошукового проектування приводів затискних механізмів. *Наукові нотатки. Вип. 55*. Луцьк : ЛНТУ, 2016. С. 216–221. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_44. (дата звернення: 11.09.2024)
9. Петров, О. В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.
10. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси : монографія. Кропивницький : Видавництво ТОВ «КОД», 2019. 384 с.
11. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Київ : «Кондор», 2008. 328 с.
12. Edward G. Hoffman. Jig and Fixture Design / Edward G. Hoffman. Fifth Edition. Delmar: Cengage Learning, 2011. 369 p.
13. Боровик, А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва : підручник. Київ : «Кондор», 2008. 726с.
14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : посібник. Львів : Світ, 2001. 296 с.
15. Медведєв В.С., Тулупов В.І., Онищук С.Г. Технологічна оснастка : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка». Краматорськ : ДДМА, 2021. 108 с.

Referencis

1. Syrotynskiy, O.A. (2003). *Basics of machine design automation: Study guide for students of higher educational institutions*. Rivne: UDUVHP. https://ep3.nuwm.edu.ua/13584/1/Posibn_sapr%20%281%29.pdf [in Ukrainian].
2. Hryhurko, I.O., Anastasenko, S.M. & Budurov V.L. (2021). *Design of technological equipment: Study guide for students of higher educational institutions*. Lviv: Novyi svit-2000 [in Ukrainian].
3. Kuznietsov, Yu.M. & Prydalnyi, B.I. (2016). *Drives of clamping mechanisms of metalworking machines: Monograph*. Lutsk: Vezha-Druk [in Ukrainian].
4. Bezmenov, M.I. (2010). *Fundamentals of programming in the Delphi environment: Training manual*. Kharkiv: NTU «KhPI» [in Ukrainian].

5. Kovalenko, I.V. & Fedoriv, P.S. (2012). *System programming in Windows with examples on Delphi: Training manual*. Ternopil: TNTU im I. Puliuia [in Ukrainian].
6. Hevko, B.M., Dychkovskiy, M.H. & Matviichuk, A.V. (2008). *Technological equipment. Control devices : Training manual*. Kyiv : «Kondor» [in Ukrainian].
7. Dychkovskiy, M.H. (2001). *Technological equipment. Design and construction calculations of devices : Training manual*. Ternopil : TNTU im I. Puliuia [in Ukrainian].
8. Kuznietsov, Yu.M. & Prydalnyi, B.I. (2016). Prerequisites for the automation of search design of drives of clamping mechanisms. *Scientific notes*. 55, 216–221. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_44 [in Ukrainian].
9. Petrov, O.V. & Sukhorukov, S.I. (2018). *Technological equipment : Training manual*. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
10. Pavlenko, I.I. & Mazhara, V.A. (2019). *Robotic technological complexes*. Monograph. Kropyvnytskyi: TOV «KOD» [in Ukrainian]. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/11871>
11. Dychkovskiy, M.H. (2008). *Technological equipment*. Training manual. Kyiv: «Kondor» [in Ukrainian].
12. Edward G. Hoffman. (2011). *Jig and Fixture Design / Edward G. Hoffman*. Fifth Edition. Delmar: Cengage Learning, 369 p.
13. Borovyk, A.I. (2008). *Technological equipment of mechanical assembly production*. Textbook. Kyiv: «Kondor» [in Ukrainian].
14. Bozhenko, L.I. (2001). *Mechanical engineering technology. Design of technological equipment: Manual*. Lviv: Svit [in Ukrainian].
15. Medvediev, V.S., Tulupov, V.I. & Onyshchuk, S.H. (2021). *Technological equipment: Study guide for students of speciality 131 «Applied mechanics»*. Kramatorsk: DDMA [in Ukrainian].

Vitalii Mazhara, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Kyryl Shcherbyna**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Anatolii Artiukhov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Svitlana Tenenyka**, Lecturer, **Ivan Shestakov**, Student
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Automated Design System for Technological Equipment

The current conditions of production development in all sectors of the economy of Ukraine is to determine the priority importance of mechanical engineering, whose task is to produce equipment that facilitates human labor and increases its productivity. Therefore, to increase the productivity of a worker who designs technological equipment, a system of automated design of technological equipment was developed. Automated design of technological equipment helps to reduce the cost of material resources and time for its design and manufacture, and, accordingly, reduce the time for the production of new products, reduce their cost, etc.

The article presents the results of the development of a computer-aided design system for typical technological tooling used in the processing of parts such as “Shaft”, “Sleeve” and “Gear”. The analysis of typical clamping devices and methods of their calculation allowed to create prerequisites for the development of a system of computer-aided design of technological equipment in the Delphi environment. The flowcharts of the main program, the main solving procedure, the procedure for determining the clamping forces, the procedure for determining the diameter of the power drive were developed, on the basis of which a system for computer-aided design of typical technological equipment was developed, which, according to the input data, calculates the diameter of the power drive required to create the force necessary to hold the part during processing. The article describes the components, which used to create the main project form and provides examples of the project form appearance during successful and unsuccessful development.

The analysis of the calculation methods and design features of typical clamping devices made it possible to create the prerequisites for the development of a computer-aided design system for technological equipment. This system was created in the Delphi environment on the basis of the developed flowcharts and tested in various conditions. Using such systems allows quickly and qualitatively perform designing clamping devices in, at the same time much are reduced stages implementation drawings in comparisons with manual method.

clamping device, technological tooling, clamping force, computer-aided design, power drive diameter

Одержано (Received) 16.10.2024

Прорецензовано (Reviewed) 25.11.2024

Прийнято до друку (Approved) 02.12.2024