

## Література

1. Василенко М.В. Теорія коливань і стійкості руху / М.В. Василенко, О.М. Алексейчук. – К. : Вища шк., 2004. – 525 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Гантмахер Ф.Р. – М. : Наука, 1988. – 552 с.
3. Крутий Ю.С. Точное решение дифференциального уравнения свободных поперечных колебаний неоднородного прямого стержня переменного сечения с непрерывно распределенной переменной массой / Ю.С. Крутий // Строит. мех. и расчет сооруж. – 2011. – № 5. – С. 47–53.
4. Погребницкая А.М. К вопросу эффективности метода ВКБ–Галеркина в дифференциальных уравнениях с переменными коэффициентами / А.М. Погребницкая // Мат. методы та фіз.-мех. поля. – 2008. – 51, № 1. – С. 82–87.
5. Трубачев С.И. Колебания стержней переменного сечения / С.И. Трубачев, О.Н. Алексейчук // Механіка гіроскоп. систем. – 2010. – Вип. 21 – С. 123–127.
6. Федорюк М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Федорюк М.В. – М. : Наука, 1985. – 448 с.
7. Baddour N. (Ed.) Recent Advances in Vibrations Analysis. In Tech, 2011. 236 p.
8. Balakumar Balachandran, Magrab E.B. Vibrations. 2th Edition. Cengage Learning, 2008. 736 p.
9. Buchacz A., Żółkiewski S. Longitudinal vibrations of mechanical systems with the transportation effect. J. Achievements Mater. Manufact. Eng. 2009. 32, No. 1. p. 29–36.
10. Ebrahimi F. (Ed.) Advances in Vibration Analysis Research. In Tech, 2011. 456 p.
11. Lai H.-L., Hsu J.-C., Chen C.-K. An innovative eigenvalue problem solver for free vibration of Euler-Bernoulli beam by using the Adomian Decomposition Method. Comput. Math. Appl. 2008. 56, No.12. p. 3204–3220.
12. Leissa A.W., Qatu M.S. Vibrations of continuous systems. McGraw-Hill, 2011. 507 p.
13. Mao Q., Pietrzko S. Free vibration analysis of stepped beams by using Adomian decomposition Method. Appl. Math. Comput. 2010. 217, No.7. p. 3429–3441.
14. Rao S.S. Mechanical Vibrations. 5th Edition. Pearson Education, 2010. 1104 p.
15. Sinha A. Vibration of Mechanical Systems. Cambridge University Press, 2010. 324 p.
16. Wang C.Y., Wang C.M. Structural Vibration: Exact Solutions for Strings, Membranes, Beams, and Plates. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. 290 p.
17. Yavari A., Sarkani S., Reddy J.N. On nonuniform Euler - Bernoulli and Timoshenko beams with jump discontinuities: application of distribution theory. Int. J. Solids Struct. 2001. 38, No. 46. p. 8389–8406.

Рецензія/Peer review : 17.11.2015 p.

Надрукована/Printed :4.12.2015 p.

Рецензент: д.т.н., проф. Параска Г.Б.

УДК 621.7: 519.85

О.В. ПЕТРОВ, С.І. СУХОРУКОВ, М.В. ТРОФИМЧУК, В.А. ПОДОЛЯК

Вінницький національний технічний університет

## ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ЗАТИСКНИХ ПРИБОРІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

*В роботі представлені комп'ютерні програми, які дозволяють розраховувати величину сили закріплення та вихідне зусилля у затискних пристроях гвинтового, ексцентрикового та комбінованого типів, що використовуються під час проектування верстатних пристосувань. Розглянуті програми мають зручний інтерфейс, містять великий набір схем різання та закріплення заготовок, а також довідникові дані, що підвищує ефективність опрацювання вхідних даних та отримання значень конструктивних параметрів верстатних пристосувань.*

*Ключові слова: механічна обробка, заготовка, затискний пристрій, комп'ютерна програма.*

O.V. PETROV, S.I. SUKHORUKOV, M.V. TROFYMCHUK, V.A. PODOLYAK  
Vinnytsia National Technical University, Ukraine

## AUTOMATION TOOLS FOR CALCULATING PARAMETERS OF CLAMPING DEVICES FOR MACHINING PROCESSES

*Abstract – The paper presents software that enables computation of the holding force value and output force in clamping devices of screw, eccentric and combined types, which are used for designing machine-tool accessories. The presented software has user-friendly interface, a wide range of cutting and workpiece holding schemes as well as reference data, which increases the efficiency of initial data processing and obtaining the values of design parameters of machine-tool accessories.*

*Keywords: machining process, workpiece, clamping device, software.*

### Вступ

Під час виконання будь-якої технологічної операції використовується різноманітне оснащення, наприклад: пристосування, допоміжні інструменти, транспортне і завантажувальне оснащення та ін. Без застосування технологічного оснащення у виробництві обійтися практично неможливо. Причому це

стосується як одиничного, так і серійного виробництва. Найбільш широкого використання набув такий різновид оснащення, як верстатні пристосування [1, 2].

Проектування верстатного пристосування характеризується великим обсягом роботи, особливо це стосується проектно-конструкторських розрахунків. Роботи з проектування оснащення, як правило, охоплюють аналіз його службового призначення і наявних вимог до технологічних операцій, розробку принципової схеми (компонування) пристосування, силові розрахунки і розрахунки на точність, вибір силового приводу і визначення його параметрів. Чи не найбільше часу проектувальної роботи припадає на креслення розробленого верстатного пристосування чи на модернізацію існуючої конструкції. Час на таку роботу можна значно зменшити за рахунок використання сучасних комп'ютерних технологій, які допомагають не тільки виконувати комп'ютерне креслення і тривимірне моделювання об'єктів проектування, а також дозволяють виконувати різноманітні розрахунки силових та конструктивних параметрів, міцності деталей та інші [3].

### Постановка задачі

У великосерійному та масовому виробництві використовується спеціальне технологічне оснащення, наприклад верстатні затискні пристрої, які проектуються та виготовляються на основі технологічних умов обробки конкретної деталі. Процес проектування верстатних затискних пристроїв, особливо вибір та розрахунок їх параметрів, є достатньо тривалий, оскільки супроводжується численними розрахунками, більшість з яких носять перевірочний характер. Виконання таких розрахунків навіть за допомогою обчислювальної техніки займає багато часу, оскільки при цьому слід використовувати довідникову літературу. Тому автоматизація виконання розрахунків та вибору параметрів верстатних затискних пристроїв для типових операцій механічної обробки є актуальною задачею.

### Викладення основного матеріалу

На кафедрі ТАМ (ВНТУ) розроблено програми розрахунку сили закріплення деталі при обробці її свердлінням та фрезеруванням, а також параметрів затискних пристроїв на основі гвинтових, ексцентриквих та комбінованих механізмів.

На рис. 1 представлено програму для розрахунку сили закріплення деталі  $Q_3$ , що обробляється свердлінням. У програмі розглядаються три відомі типові схеми різання, використовуються довідникові дані для вибору коефіцієнтів тертя поверхонь контакту, а також для вибору складових та розрахунку загального коефіцієнта запасу [4].

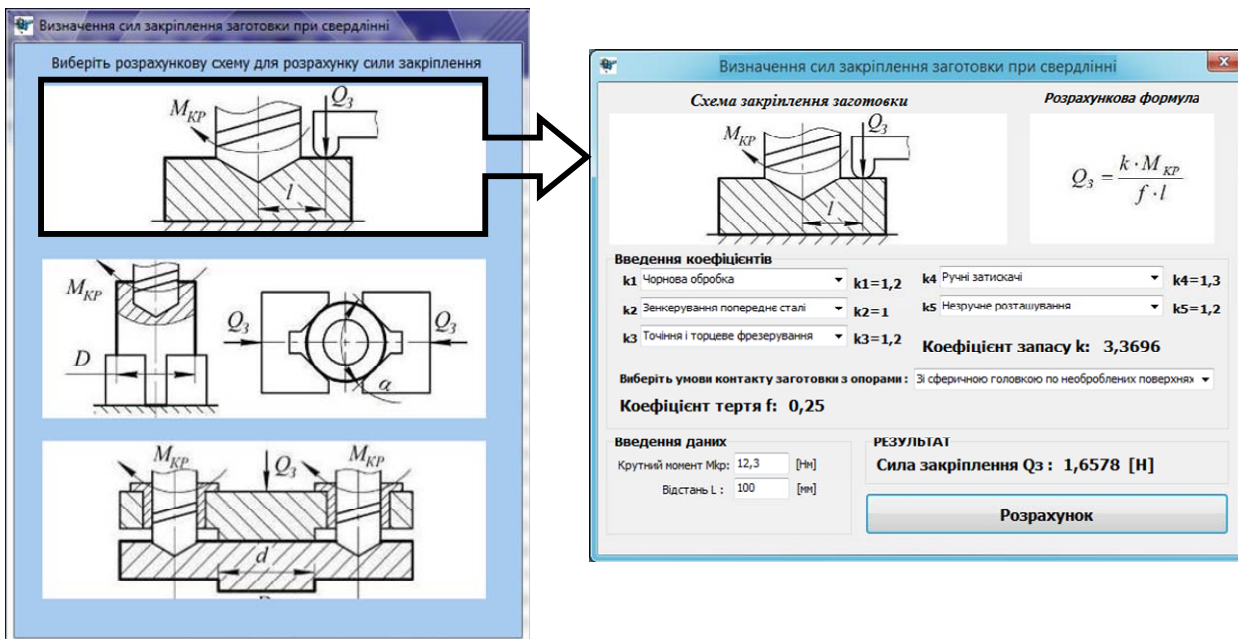


Рис. 1. Інтерфейс програми для розрахунку сил закріплення при свердлінні

У програмі наведено три варіанти розрахунку сили закріплення, що залежать від умов закріплення заготовки та виду свердлильної операції. Схема різання №1 відповідає умовам, при яких деталь закріплюється затискачем, що знаходиться на деякій відстані від місця обробки інструментом. Схема різання №2 відповідає умовам, при яких деталь закріплюється у двох призмах – рухомій та нерухомій. Схема різання №3 відповідає умовам, при яких деталь обробляється одночасно двома та більше інструментами із застосуванням кондукторних втулок. Після вибору потрібної схеми різання з'являється вікно, в якому виконується розрахунок сили закріплення. Даний розрахунок включає вибір шести складових та обчислення значення коефіцієнта запасу, вибір умов контакту деталі (заготовки) з опорами, що

виражається у значенні коефіцієнту тертя, а також здійснюється введення значень крутного моменту під час свердління та величин відстаней, що характеризують вибрану схему різання. Безпосередньо величина сили закріплення  $Q_3$  розраховується після введення всіх вхідних значень та натискання кнопки «Розрахунок».

На рис. 2 представлено програму для розрахунку сили закріплення деталі  $Q_3$ , що обробляється фрезеруванням. У програмі розглядаються шість відомих типових схем різання і як у попередній програмі виконується вибір коефіцієнтів тертя поверхонь контакту та розрахунок загального коефіцієнта запасу [5]. Слід зазначити, що під час розрахунку коефіцієнта запасу у представлених програмах автоматично виконується перевірка величини коефіцієнта, яка має становити не менше 2,5. У випадку отримання значення менше 2,5 програма повідомляє про це та у подальших розрахунках використовує значення коефіцієнта запасу 2,5.

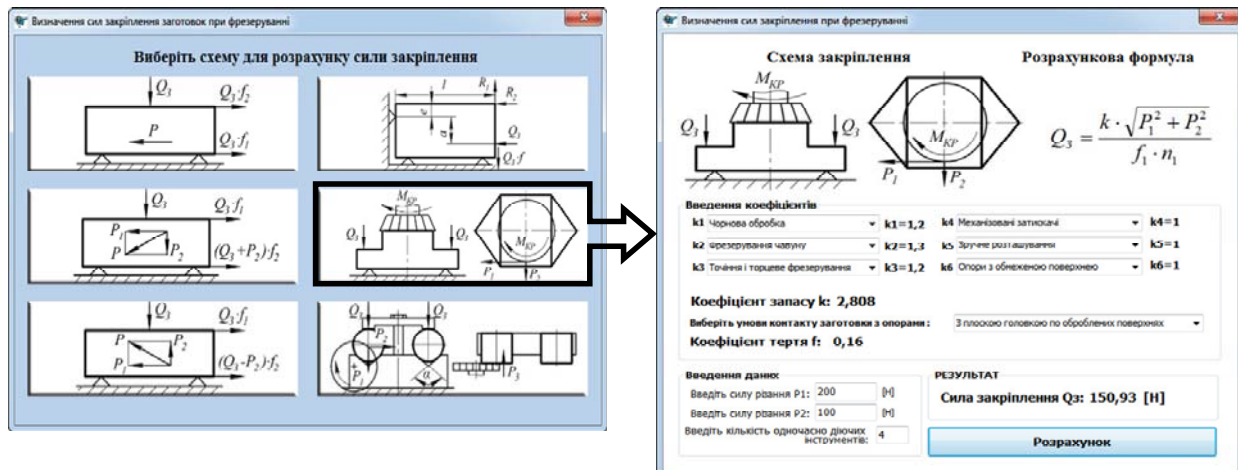


Рис. 2. Інтерфейс програми для розрахунку сил закріплення при фрезеруванні

У програмі наведено шість варіантів розрахунку сили закріплення, що залежать від умов закріплення заготовки та виду фрезерної операції. Схема різання №1 відповідає умовам, при яких заготовка обробляється повздовжнім фрезеруванням, а закріплюється заготовка затискачем зверху. Схема різання №2 відповідає умовам, при яких заготовка обробляється попутним фрезеруванням, а закріплюється заготовка затискачем зверху. Схема різання №3 відповідає умовам, при яких заготовка обробляється зустрічним фрезеруванням, а закріплюється заготовка затискачем зверху. Схема різання №4 відповідає умовам, при яких обробляється лиска заготовки, що закріплюється затискачем збоку. Схема різання №5 відповідає умовам, при яких обробляється площина заготовки, що закріплюється затискачами зверху. Схема різання №6 відповідає умовам, при яких обробляються торці циліндричних заготовок, що закріплюються затискачами зверху. Після вибору потрібної схеми різання з'являється вікно, в якому виконується розрахунок сили закріплення за алгоритмом, аналогічним до попередньої програми.

Після визначення сили закріплення необхідно обрати тип затискного пристрою, за допомогою якого буде реалізована схема закріплення. Основним критерієм вибору типу затискного пристрою є тип виробництва деталі. Для одиничного та дрібносерійного виробництва доцільно використовувати гвинтові затискні пристрої, для дрібносерійного та середньосерійного виробництва – ексцентрикові затискні пристрої, для середньосерійного та багатосерійного, а іноді і масового виробництва – комбіновані затискні пристрої на основі пневматичних приводів. На рисунку 3–5 представлені програми для розрахунку параметрів таких затискних пристроїв, а також вихідного зусилля, необхідного для приведення у дію затискачів пристроїв.

На рис. 3 представлена програма, що призначена для розрахунку параметрів гвинтових затискних пристроїв та вихідного зусилля  $P_B$  на гвинті [6]. Програма містить п'ять відомих типових схем гвинтових затискачів. Для проведення розрахунків необхідно спочатку вибрати необхідну схему після чого з'являється відповідний перелік вхідних даних. Перелік вхідних даних включає: величину сили закріплення  $Q_3$ , діаметр гвинта, довжини кінематичних ланок, кути між ланками, коефіцієнт корисної дії затискача та інші. Після введення даних результати розрахунку величини вихідної сили  $P_B$ , що необхідно прикласти до гвинта, з'являється автоматично у вікні «Результат розрахунку».

На рис. 4 представлена програма, що призначена для розрахунку параметрів ексцентрикових затискних пристроїв та вихідного зусилля  $P_B$  на важелі ексцентрика [7]. Програма містить чотири відомі типові схеми ексцентрикових затискачів. Як і у попередній програмі після вибору необхідної схеми та введення вхідних даних результати розрахунку величини вихідної сили з'являється автоматично у вікні «Результат розрахунку».

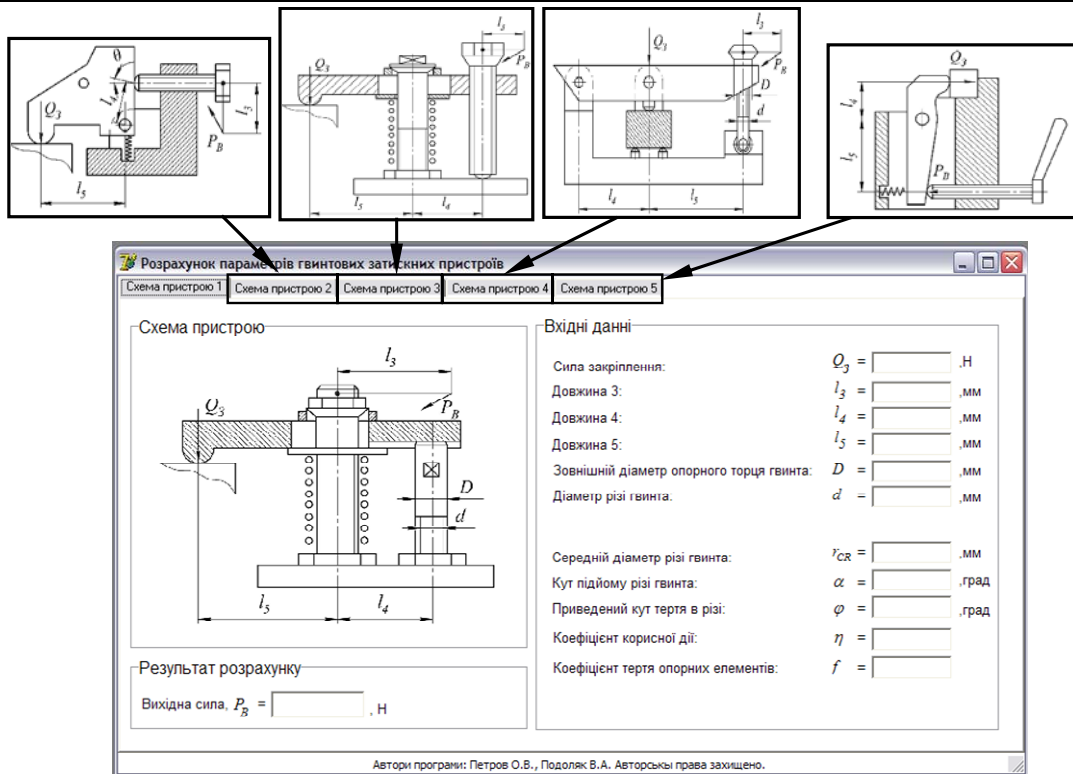


Рис. 3. Інтерфейс програми для розрахунку параметрів затискних пристроїв гвинтового типу

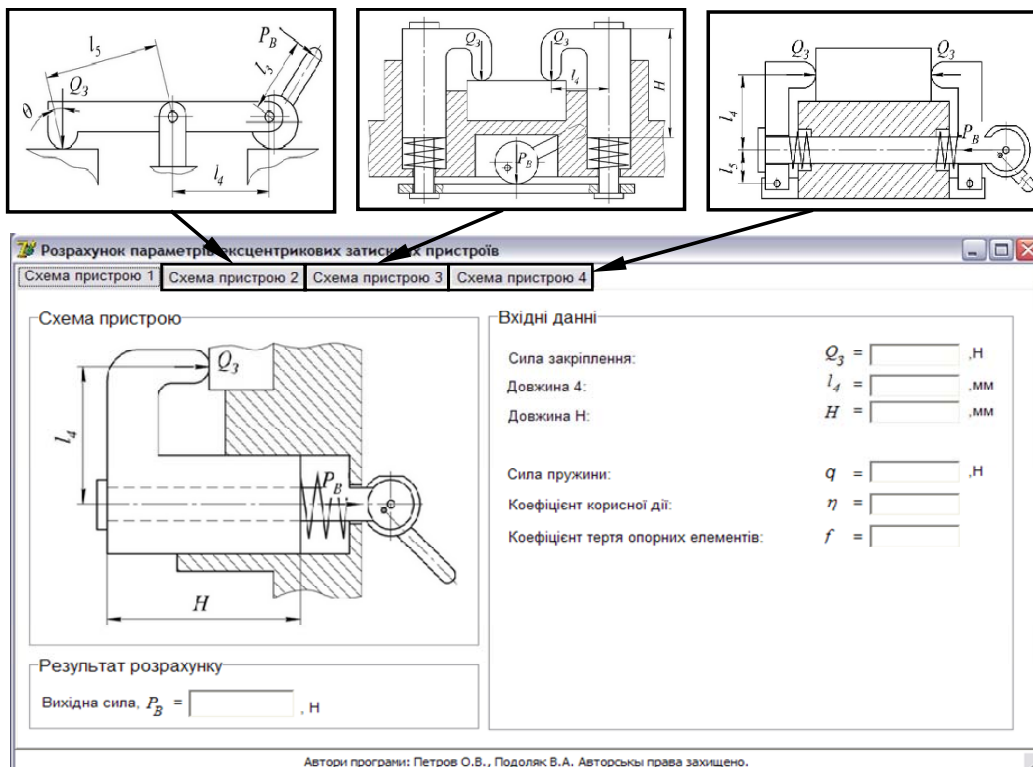


Рис. 4. Інтерфейс програми для розрахунку параметрів затискних пристроїв ексцентрикового типу

На рис. 5 представлена програма, що призначена для розрахунку параметрів комбінованих затискних пристроїв на основі пневматичного приводу та вихідного зусилля  $P_B$ , необхідного для розрахунку та подальшого вибору діаметра пневматичного циліндра [8]. Програма містить шість відомих типових схем. Як і у попередній програмі після вибору необхідної схеми та введення вхідних даних результати розрахунку величини вихідної сили з'являється автоматично в вікні «Результат розрахунку».

У представлених програмах розрахунку параметрів затискних пристроїв результати розрахунку відображається автоматично, що дозволяє виконувати підбір вхідних даних, виходячи з умов конструктивної доцільності. Наприклад здійснювати вибір найбільш раціональної величину діаметра гвинта, довжин ланок та інших параметрів.

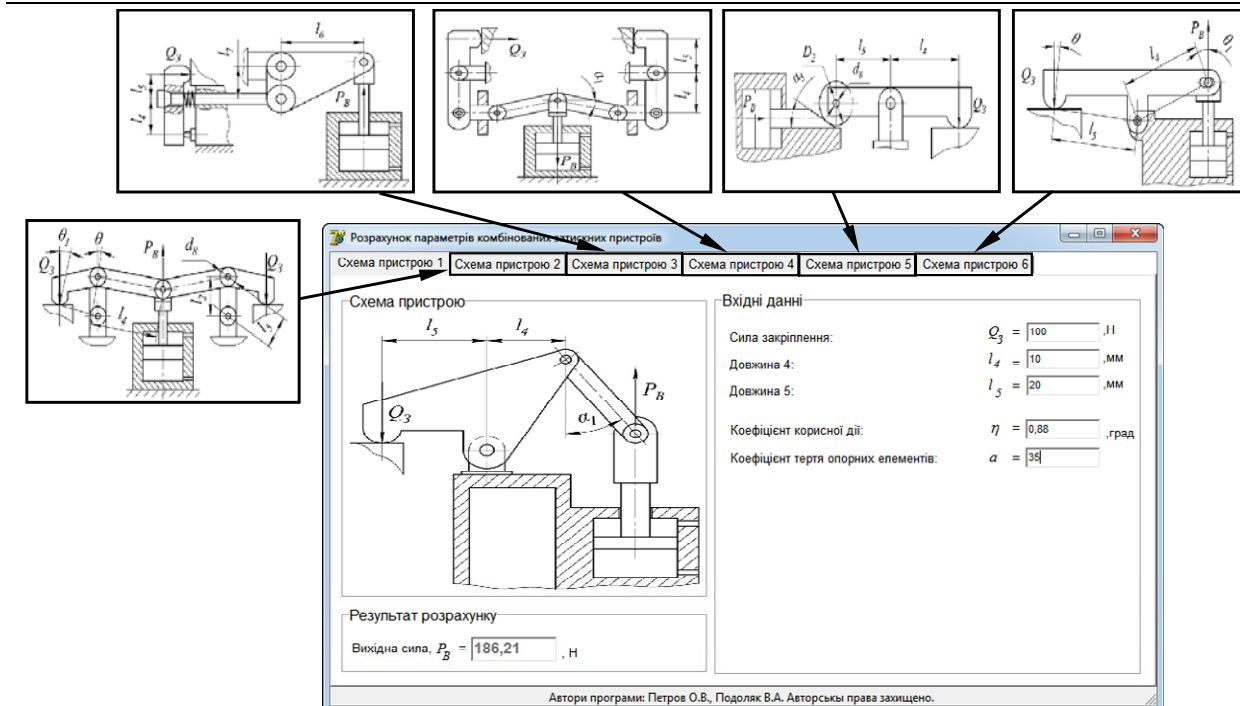


Рис. 5. Інтерфейс програми для розрахунку параметрів затискних пристроїв комбінованого типу

### Висновки

Розроблено програми для визначення сили закріплення деталі під час виконання операцій свердління та фрезерування, в яких використовуються відомі схеми різання, а також автоматизовано процес вибору і розрахунку коефіцієнтів запасу та тертя, що дозволяє зменшити час проведення розрахунків силових параметрів верстатних пристосувань.

Розроблено програми для визначення параметрів та вихідного зусилля гвинтових, ексцентрикових та комбінованих затискних пристроїв, що дозволяє зменшити час проведення передпроектних розрахунків, а також обґрунтовано та швидко приймати рішення щодо вибору конструктивних параметрів верстатних пристосувань.

### Література

1. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. Т. 1 / редкол. : Вардашкин Б. Н. (председатель) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 692 с.
2. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебное пособие для студентов вузов машиностроительных спец. / Горохов В. А. – Минск : Выш. школа, 1986. – 238 с.
3. Сухоруков С.І. Сучасні перспективи розвитку систем автоматизованого проектування технологічної оснастки / С.І. Сухоруков, О.В. Петров, Д.С. Осіпов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2011. – № 6. – С. 156–159.
4. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50294. Комп'ютерна програма «Визначення сил закріплення заготовки при свердлінні» / О.В. Петров, С.І. Сухоруков, М.В. Трофимчук. – Зареєстр. 18.07.2013.
5. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 55184. Комп'ютерна програма «Визначення сил закріплення заготовки при фрезеруванні» / О.В. Петров, С.І. Сухоруков, М. В. Трофимчук, Є.О. Федотенков. – Зареєстр. 05.06.2014.
6. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54612. Комп'ютерна програма «Розрахунок параметрів комбінованих-гвинтових затискних пристроїв» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, О.І. Юхимчук. – Зареєстр. 06.05.2014.
7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54613. Комп'ютерна програма «Розрахунок параметрів комбіновано-ексцентрикових затискних пристроїв» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, О.І. Юхимчук. – Зареєстр. 06.05.2014.
8. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54614. Комп'ютерна програма «Розрахунок параметрів комбінованих затискних пристроїв» / О.В. Петров, В.А. Подоляк, Є.О. Федотенков. – Зареєстр. 06.05.2014.

Рецензія/Peer review : 16.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 4.12.2015 р.

Рецензент: д.т.н., професор, Сивак І.О.