

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Фізико-математичний факультет**  
*(Кафедра нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки)*  
**Українська асоціація з прикладної геометрії**  
**Академія наук вищої освіти України**

## **ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ**

**Х-ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ**  
**НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**  
**«ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ, ДИЗАЙН, ОБ'ЄКТИ**  
**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ**  
**ТА ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ СТУДЕНТІВ**  
**ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ».**

29 квітня 2021 р.  
Україна, м. Київ

**Відповідальний за випуск** – д-р. техн. наук, проф., Ванін В.В.,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Співорганізатори конференції:**  
Українська асоціація з прикладної геометрії,  
Академія наук вищої освіти України

**Програмний комітет:**

1. Ванін Володимир Володимирович, заслужений працівник народної освіти України, академік Академії наук вищої освіти України, д.т.н., професор, декан ФМФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського – **голова наукового комітету**.
2. Кузнецов Ю.М., заслужений винахідник УРСР, заслужений працівник народної освіти України, академік АН вищої освіти України, віце-президент з наукової роботи АНВОУ, д-р техн., професор кафедри КВМ ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського.
3. Колосов О.Є. заслужений винахідник України, академік Академії наук вищої освіти України, д-р техн. наук, с.н.с., професор каф. ХПСМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.
4. Юрчук Володимир Петрович, д.т.н., професор кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки ФМФ – **заступник голови наукового комітету**.
5. Гумен Олена Миколаївна, д.т.н., професор кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, КПІ ім. Ігоря Сікорського.
6. Гнітецька Галина Омелянівна, к.п.н., в. о. завідувача кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки ФМФ.
7. Яблонський Петро Миколайович, к.т.н., доцент кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки ФМФ.
8. Пилипака Сергій Федорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної геометрії та графіки Національного університету біоресурсів і природокористування України.
9. Ісмаїлова Неллі Петрівна, д.т.н., доцент кафедри інженерної механіки Військової академії, м. Одеса.

Збірник доповідей X-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 10. -- 94 с. з іл..

В авторській редакції

Укладач: канд.техн.наук, доцент Колосова О.П.

Адреса редколегії: 03056, м. Київ, пр-т Перемоги, 37, ФМФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Тел. (044) 204-94-46. E-mail: geometry@kpi.ua, conferencengkg@gmail.com

© *Автори доповідей, 2021*

© КПІ імені Ігоря Сікорського

## СУЧАСНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПЕРЕД СІВБОЮ ТЕХНІЧНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Ванін В.В., д. т. н., професор,

Волоха М.П., д. т. н., зав. лабораторії,

Юрчук В.П., д. т. н., професор,

Кісілевська М.О., ст. н. с.

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*

*НААН України (м. Київ)*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,*

*(Україна, м. Київ)*

*Анотація* – представлено огляд сільськогосподарських знарядь зарубіжного і вітчизняного виробництва, які застосовуються в Україні при підготовці ґрунту перед сівбою технічних культур. Проведено аналіз ґрунтообробних агрегатів відомих компаній-виробників в розрізі недоліків і переваг робочих органів для розпушування і подрібнення ґрунту.

**Ключові слова:** агрегат комбінований, передпосівний обробіток ґрунту, компактор, робочі органи, розпушування та подрібнення ґрунту.

**Постановка проблеми.** Передпосівний обробіток є складовою частиною єдиного технологічного процесу сівби і здійснювати його належить з мінімальним розривом у часі, особливо за сівби цукрових буряків, коли перша операція випереджає наступну на два-три проходи посівного агрегату.

Основним рихлячим робочим органом агрегатів як зарубіжного, так і вітчизняного виробництва традиційно є здавна відома стрільчаста лапа. Вони мають різну конструкцію і є, як правило, пасивними та компонуються на грядилях рами залежно від вологості і твердості оброблюваного ґрунту.

Ґрунтообробні агрегати з дисковими робочими органами відомих на Україні виробників мають переваги перед стрільчастими лапами щодо показників ранньовесняного обробітку ґрунту, головним чином за рахунок зниження тягового опору, особливо при роботі на твердих чи перезволожених ґрунтах, проте тільки де-які з них можуть якісно виконувати передпосівний обробіток, насамперед під цукрові буряки.

**Аналіз останніх досліджень.** До комплексу факторів, які суттєво впливають на польову схожість насіння, належить температура та вологість підготовленого ґрунту, достатня повітрявмісткість,

співвідношення між вмістом води й повітря, вирівняність структурно-агрегатного складу ґрунту до потрібних значень показників [1-6].

Відповідно до держстандарту глибина розпушеного поверхневого шару, зокрема для буряків цукрових, залежно від вологості ґрунту, має бути від 2,5 до 4 см на всій ширині захвату знаряддя й не повинна відхилятися від заданої; ґрунтових агрегатів (грудочок) розміром від 1 до 10 мм має бути не менше 90 % від загальної кількості, розміром 20 мм – до 10 %; щільність складання на суху масу в обробленому шарі – до 1,2 г/см<sup>3</sup>; висота гребенів чи глибина впадин ґрунту не повинна перевищувати 2±0,5 см; непідрізаних бур'янів має бути не більше 2 %; ширина покриття попереднього проходу культиватора має бути від 15 до 20 см [2].

**Метою досліджень** є аналіз можливостей ґрунтообробних агрегатів відомих виробників і розробка рекомендацій щодо проведення якісного обробітку ґрунту перед сівбою технічних сільгоспкультур в залежності від стану ґрунту і типу робочих органів.

**Результати досліджень.** Завдяки різноманітним, технічно досконалим робочим органам та широким можливостям налагодження комбінованих ґрунтообробних агрегатів, вже після першого проходу ми отримуємо оброблене на однакову глибину та достатньо вирівняне поле. Однозначної відповіді, якою має бути глибина передпосівного обробітку ґрунту, особливо в зв'язку з культурою, немає. Одні виробничники стверджують, що вона повинна бути не більше глибини висіву насіння. Тобто, насіння має лягати на тверде посівне ложе, що гарантує йому щільний контакт з ґрунтом. Інші пропонують рихлити ґрунт на глибину 10-12 см і потім знову ущільнювати його, після чого висівати насіння (рис. 1). Відповідно до цього, більшість комбінованих посівних комплексів працюють за такою схемою розміщення робочих органів: в передній частині машини – дискова борона, яка розпушує ґрунт, що потім прикочується котками, і тільки після цього – посів. На разі є багато прихильників як однієї, так і другої технології.



Рис 1. Lemken System-Компактор для передпосівного обробітку ґрунту

**Lemken System-Korund.** Компанія Lemken пропонує дві спеціалізовані машини, а саме: універсальні комбіновані агрегати *System-Kompaktor* і *System-Korund*. Хоча обидві машини призначені для передпосівної обробки ґрунту, проте мають ряд технічних відмінностей, що робить їх в певній мірі незамінними при роботі в різних умовах (рис. 2).



Рис. 2. Комбінований агрегат Veles-Agro Forward 6 для передпосівного обробітку ґрунту

Робочими органами агрегатів *System-Kompaktor* є три ряди стрілочастих лап, два планчасті котки-грудкоподрібнювачі, два вирівнюючих бруси і кільчасто-шпоровий коток. Завдяки паралелограмній підвісці робочих секцій зі стрілочастими лапами досягається розпушування ґрунту на встановлену глибину. Лапи розміщені таким чином, що працюють чітко горизонтально і не зачіпають нижній вологоутримуючий шар, що дозволяє краще зберегти вологу під насінневим ложе.

Планчасті катки, розташовані в передній частині агрегату, попередньо кришать і подрібнюють ґрунт, а спеціальні планки добре вирівнюють посівну площу. Фінальний робочий орган - кільчасто-шпоровий коток, який майже повністю подрібнює великі грудки і рівномірно ущільнює розпушену поверхню поля, створюючи таким чином сприятливі умови для проростання насіння. Крім того, коток «сортує» грудки: дрібні залишаються внизу, а великі виносяться на поверхню, захищаючи таким чином насіннєве ложе від розмивання в результаті дощів, вітрів і ерозійних процесів.

**Veles-Agro.** Один з найбільших національних виробників сільськогосподарської техніки - компанія *Veles Agro* - теж має в своєму арсеналі аналогічний комбінований агрегат. *Forward-6* від українського виробника - це дійсно інноваційна машина, конструкція якої вдало поєднує останні досягнення провідних машинобудівних компаній світу, проте - з української ціною (рис. 2).

Наприклад, на агрегаті використовують катки і підшипникові вузли культиватора типу КПГ, які не потребують обслуговування, а стрілочаста лапа має підпружинений захист. Агрегат оснащений розпушувачами сліду трактора, щоб мінімізувати ефект переущільнення ґрунту уздовж колії трактора. Вирівнювання поля відбувається за допомогою трьох спеціальних планок, які розташовані попереду переднього котка, після

секцій зі стрілочастими лапами, і розміщеними позаду прикочуючими кільчасто-шпоровими котками.

**Farmet Kompaktor.** Чільне місце не тільки на українському, але і на світовому ринку займають чеські ґрунтообробні агрегати *Kompaktomat*.

Цей виробник пропонує чи не найбільший модельний ряд агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту. Сьогодні компанія пропонує техніку в трьох варіантах виконання: навісні, причіпні та причіпні широкозахватні машини. Мінімальна робоча ширина захвату - 2,5, а максимальна - 15,7 м за транспортної ширина всіх машин 3 м, що є вигідним габаритом при переїздах.

*Kompaktomat* виконує за один прохід кілька робочих операцій, в результаті яких поверхня поля є якісно вирівняною і оптимально ущільненою. У розпушеному ґрунті відновлюється капілярність і на потрібній глибині створюється посівне ложе. Грудки землі м'яко подрібнені. Для створення рівної поверхні *Kompaktomat* забезпечений трьома волоками: передня - розміщена перед переднім катком і розподіляє та згладжує чималі нерівності. Залежно від потреб господарств, які планують використовувати передпосівні компактори, їх можуть оснащувати трьома видами робочих органів.

За бажанням клієнта виробник може оснастити *Kompaktomat* гідравлічним регулюванням глибини ходу робочих органів і таким же регулюванням передню волокушу. В умовах літнього періоду, коли необхідно інтенсивно подрібнювати тверді висохлі грудки, напівнавісні агрегати оснащуються задньою трьохточковою навіскою для агрегаткування додаткових кільчасто-шпорових котків Crosskill (рис.3). Завдяки додатковому обладнанню гідравлічними магістралями є можливість навішувати сівалку для поєднання передпосівного обробітку ґрунту і сівби.



Рис. 3. Комбінований агрегат Farmet Kompaktomat

**Bednar.** Чеський виробник сільськогосподарської техніки для обробки ґрунту - *Bednar* пропонує досить широкий модельний ряд агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту. Завдяки широким можливостям комплектації і установки допоміжних систем, передпосівні

компактори Swifter практично за будь-яких умов здатні якісно підготувати ґрунт за один прохід.

Умовно компактори фірми *Bednar* можна розділити на чотири групи: навісні машини з шириною захвату від 3 до 5 м (серія SN); напівпричіпні компактори з опорної віссю, розташованою позаду компактора, і робочою шириною від 4 до 8 м (серії SO F і SO); широкозахватні компактори з робочою шириною захвату від 8,2 до 12,2 м (серія SE) і з робочою шириною від 14,2 до 18,2 м (серія SM). Разом з тим, слід зазначити, що, незалежно від ширини захвату, всі моделі компакторів (крім навісного SN 4000 R) мають транспортну ширину 3 м.

В Україні, досить популярні машини серії SE з робочою шириною захвату 10 м. Для агрегування такого культиватора достатньою є потужність 280-330 л. с.

### Висновки

1. Передпосівний обробіток ґрунту, показники агротехнічних вимог до якого є підвищеними за вирощування дрібнонасієних культур (льон, морква, трави, рапс, буряки цукрові і т.п.), доцільно проводити багатоопераційними машинами – компакторами Lemken: System-Kompaktor, System Korund, Veles-Agro Forward-6, Bednar Swifter SO\_F, що обробляють, вирівнюють, структурують ґрунт за один прохід.

2. Ранньовесняний обробіток ґрунту перед сівбою технічних культур рекомендовано проводити компакторами Farnet Kompaktomat та Bednar.

### Список літератури

1. Буряки цукрові. Сівба. Показники якості та методи їх контролювання: ДСТУ 6054:2008. [Чинний від 2008-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2007. 12 с. (Національний стандарт України).
2. Обробіток ґрунту під цукрові буряки передпосівний. Вимоги та методи контролювання. ДСТУ 4819:2007. [Чинний від 2007-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2006. 9 с. (Національний стандарт України).
3. *Bulgakov V., Ivanovs S., Santoro F., Anifantis A.* Experimental investigation of the energy-power characteristics of the cleaner of the root crop heads from the haulm. *Engineering for rural development*. 2019. Vol. 18. P. 129-135.
4. *Spall J. C.* Factorial design for efficient experimentation: generating informative data for system identification. *IEEE Control Systems Magazine*. 2020. Vol. 30 (5). P. 38-53.
5. *Сінченко В. М.* Управління формуванням продуктивності цукрових буряків. Київ. Нілан-ЛТД. 2012. 582 с.
6. *Волоха М. П.* Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань: монографія. Київ. 2015. 220 с.

**PARAMETRIZATION OF ELECTRONIC DRAWING DETAILS  
"CAP NUT"**

Gnitetska Tetiana., Ph.D., Associate Professor,

Gnitetska Galina., Ph.D., Associate Professor,

Procel Chicaiza Roberth Anthony, Student.

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute " (Ukraine, Kyiv)*

***Abstract** - it is shown that the optimization of production is significantly influenced by the processes of manufacture and use of electronic design documentation. The option of optimization - application of parametrization at development of electronic drawings of details is considered. Execution of the parameterized drawing is shown on an example of a typical detail "Cap nut". Electronic drawing of the part and its parameterization was performed using the resources of the graphics system AutoCAD. The work was introduced into the educational process in the course "Engineering and Computer Graphics" at the Department of Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics of the National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "*

***Keywords** - geometric dependencies, dimensional dependencies, parametric drawing, AutoCAD graphics system*

**Formulation of the problem.** A significant part of enterprises engaged in the design and manufacture of technical devices, reoriented to the creation and use of design documents in electronic form. It uses both the usual traditional drawings, made with the help of computer tools using the methods of classical geometric modeling, and completely new in form and content of electronic documents. The information in such documents is presented as a structured set of data created using software and hardware [1]. In this regard, the issue of professional training of students of technical universities is acute. Therefore, the introduction into the educational process in the study of engineering and graphic disciplines, which are the fundamental basis of professional training of engineers, methods that allow students to get acquainted with promising methods and means of creating design documentation is an urgent task.

**Analysis of recent research.** In the current era, technology advances in a significant way and making great changes in the processes taking that take place in modern production. Accordingly, there is a growing demand for qualified personnel who have digital methods of creating design documentation, have system knowledge, able to quickly adapt to new technologies that are changing rapidly in today's world.



**Formulation of goals.** The purpose of the publication is to demonstrate students' performance of a parameterized electronic model of a typical part. The use of parameterization in the creation of electronic models of parts allows you to optimize production processes with minimal time and resources. It is possible to quickly make changes in the process of product design and create electronic libraries of standard parts, assembling units, individual structural and technological elements.

**Main part.** Optimization of electronic drawings due to parameterization is that the product depicted on it can be automatically changed. It becomes multivariate due to the fact that you can apply different dimensional values of its elements. The use of parameterization opens up the possibility of performing geometrically accurate solutions [2,3]. This is especially important in cases where the dimensional dependence is an expression in the form of a formula, equation, etc. Previously, such problems were solved either with the help of complex analytical solutions or rather complex constructions of projection drawings using appropriate methods of descriptive geometry. The algorithm of parameterization application is shown on an example of a typical detail "Cap nut" (fig. 1). The parameterized drawing of the part was created by superimposing geometric and dimensional dependences on the geometric elements of the part.

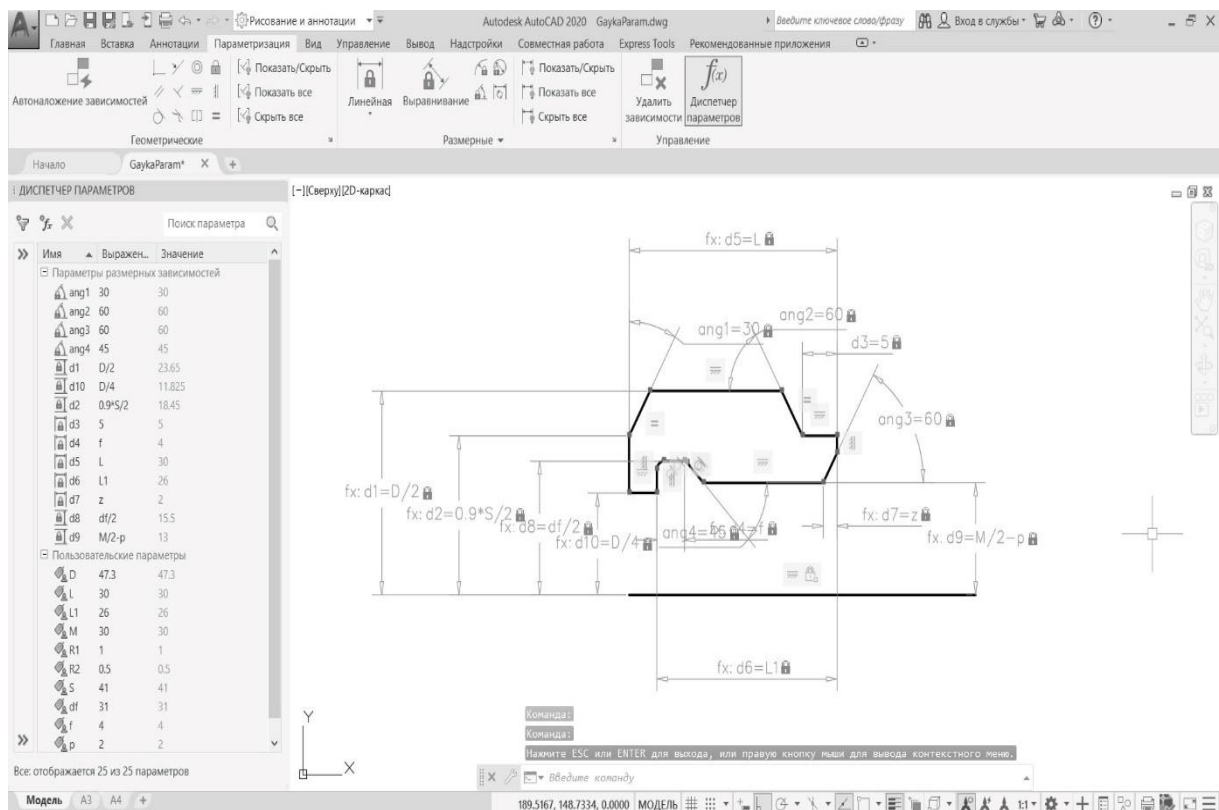


Fig. 1. Parameterization of the contour of the geometric elements of the cap nut (basic drawing)

In fig. 1 shows a pre-created electronic drawing of a cap nut in the form required for parameterization. It reflects the superimposed geometric and dimensional relationships. In its left part there is the manager of parameters of the drawing. In the manager table, you can edit the names and expressions of dimensional dependencies. In this case, the dimensional dependences are given by a number. Therefore, if it is necessary to make changes, the corresponding numerical value is entered. After that, the corrections are converted into a parameterized drawing and the image of the part is changed accordingly. Based on the technological conditions of production, where both electronic 3d models of the product and its projection drawings can be used, the relevant design documentation is produced. In fig. 2 shows an electronic 3d model of one of the parameterized versions of the cap nut. The simulation was performed by AutoCAD graphics editor resources using appropriate geometric objects, modifiers, Boolean operations, etc.

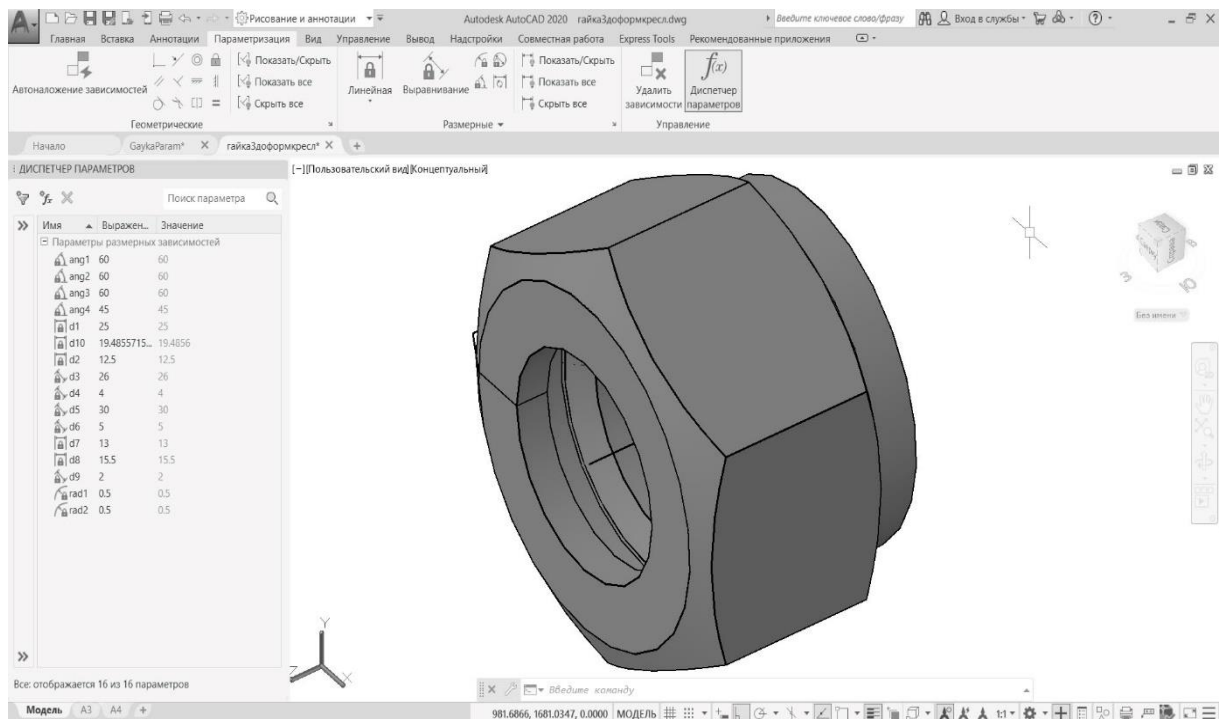


Fig. 2. Image of a 3d model of one of the options for parameterizing the cap nut

Figure 3 shows an electronic projection drawing of a cap nut, made in the graphic editor AutoCAD based on its 3d model

**Conclusions.** The use of parameterized drawings instead of the classic ones has significant advantages in production. Technological processes change, time and resources are saved. Changes are also made in the organization of the educational process. Students master the advanced technologies of creating design documentation used in modern production. This introduces a significant element of motivation when studying the course "Engineering and Computer Graphics".

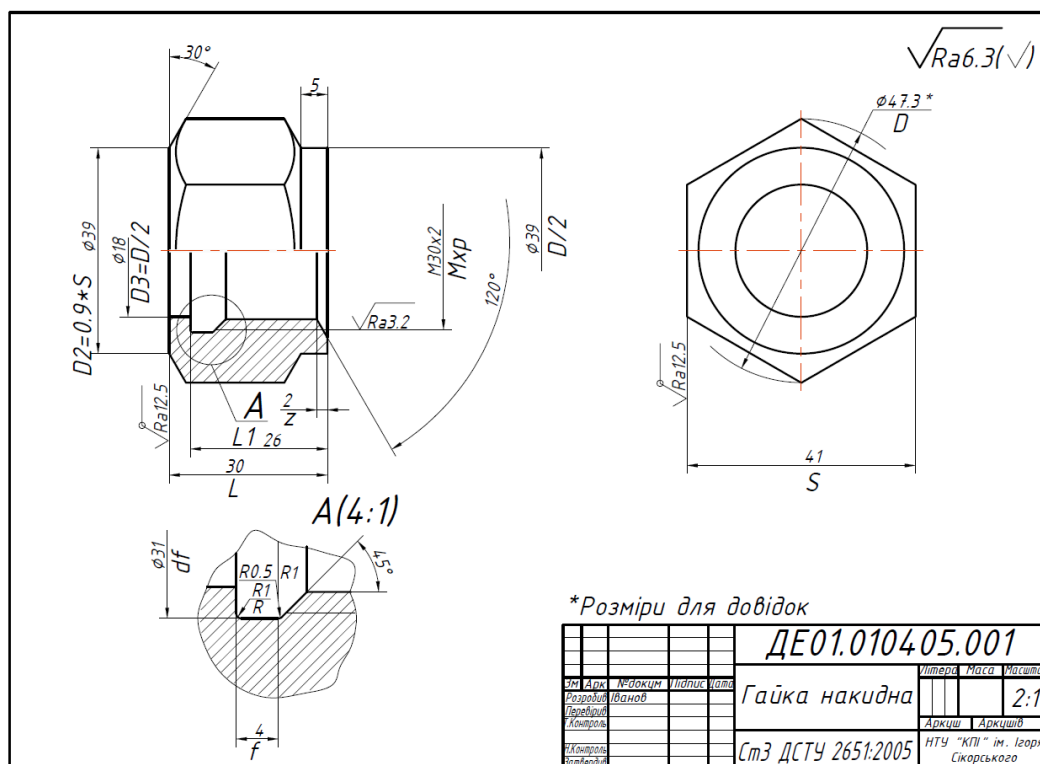


Fig. 3 Shows an electronic projection drawing of a cap nut, made in the graphic editor AutoCAD based on its 3d model.

The work of the teacher is simplified. The technology of checking the correctness of the work performed is changing. Control is much faster and more accurate by using the parameter manager table. The use of parameterized electronic drawings allows you to individualize the learning process. Students are offered original versions of the details that are obtained in the educational process of the course. The most in demand are specialists who have systematic knowledge in their own profession. Therefore, students' mastery of new technologies used in production while studying will ensure their integration into the modern world of digital modeling and competitiveness in the labor market.

### Бібліографічний список

1. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. – К.: Каравела, 2012. – С.131.
2. About Parametric Drawing and Constraints. AutoCAD User's Guide. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/AutoCAD-Core/files/GUID-899E008D-B422-4DF2-AC8D-1A4F5701ED4E-htm.html> (дата звернення: 12.02.2021).
3. Использование параметризации в AutoCAD, САПР-журнал, Статьи, уроки и материалы для специалистов в области САПР. URL: <http://sapr-journal.ru/tips-tricks/ispolzovanie-parametrizacii-v-autocad/> (дата звернення: 12.02.2021).

## ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «ЕСКІЗИ, РОБОЧІ КРЕСЛЕНИКИ ДЕТАЛЕЙ» З КУРСУ «ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»

Колосова О.П., к.т.н., доцент;

Баскова Г.В., ст. викладач.

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,*

*(Україна, м. Київ)*

***Ключові слова** – інженерна графіка, технічне креслення, ескіз, робочий кресленик, типова деталь, кришка, отвір, конструктивні і технологічні елементи.*

***Анотація** – описано завдання з теми «Робочий кресленик деталі типу «кришка», його особливості.*

**Постановка проблеми.** При вивченні теми «Ескізи і робочі кресленики деталей» послідовно розглядаються типові деталі, які формують фундаментальну базу творчої конструкторської роботи, а саме, навички послідовних дій розробки креслеників.

Однією з таких деталей є деталь типу «кришка». Ця деталь за функціональним призначенням має конструктивні і технологічні особливості. Виконання конструктивних і технологічних елементів деталі на кресленнику потребує навичок роботи з довідковою літературою, які студенти отримують в ході виконання кресленника.

Це завдання зручне при вивченні скорочених програм курсу інженерної графіки, коли відсутня можливість розглянути подібну деталь в розділах технічного креслення,

**Аналіз останніх досліджень і постановка завдання.** Як типову деталь, кришку вивчають в розділах технічного креслення, а саме: ескізи деталей з натури, складальний кресленик, деталювання креслеників загального виду. Це поширювало навички конструкторської діяльності. Але в сучасних умовах вивчення інженерної та комп'ютерної графіки на факультетах університету, курс технічного креслення скорочено і вивчення деталі типу «кришка», тобто її особливостей, приклади зображення, з'єднання з іншими деталями та читання її на креслениках загального виду не завжди розглядається.

З метою підвищення ефективності вивчення теми «Типові елементи деталей. Отвори» для всіх форм навчання розроблено завдання для моделювання кресленника «Кришка», яке задає універсальну за формою та іншими конструктивними та технологічними елементами базову модель, що дозволяє легко розробляти кресленики аналогічних деталей.

Завдання зручно використовувати для вивчення курсу комп'ютерної графіки і одночасно отримувати основні навички виконання даної типової деталі.

**Основна частина.** Завдання до виконання кресленника «Кришка» представлено на рис. 1.

### Тема: Робочий кресленник деталі «Кришка»

Завдання: виконати кресленник деталі «Кришка» згідно варіанту (таблиця 1).  
Матеріал: чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85

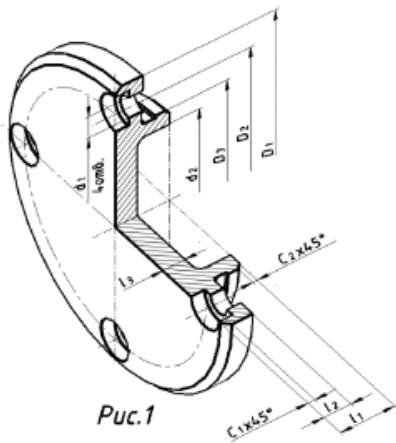


Рис.1

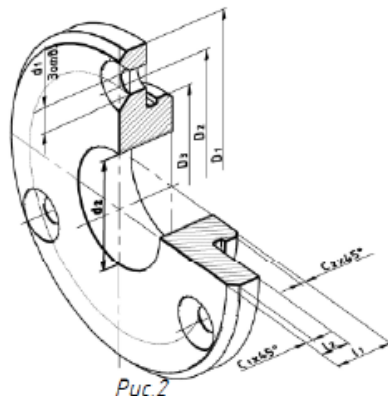
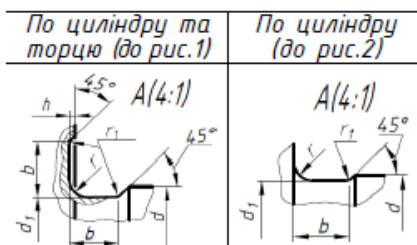


Рис.2

Канавки для виходу шліфувального кругу за ГОСТ 8829-69

#### Шліфування



Таблиця 4 Розміри канавок

b	d	h	r	r <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> * **
3	10E50	0,3	1	0,5	d-0,5
5	50E100	0,5	1,6	0,5	d-1

\*\* в завданні, d=D<sub>3</sub>

Таблиця 1 Завдання (мм)

Номер вар.	№ рис., вид отв. (рис.3)	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> *
1	1,а	110	86	64	20	10	8	52	10
2	2,б	100	76	62	20	10	-	50	10
3	2,а	94	72	60	18	10	-	48	8
4	1,б	95	78	60	18	10	6	50	6
5	1,а	86	70	52	16	8	6	44	6
6	2,а	66	50	42	14	8	-	32	5
7	2,б	64	48	40	12	6	-	25	5
8	1,б	76	62	48	16	8	8	40	5
9	1,а	100	78	58	18	10	8	45	8
10	2,б	95	74	62	18	10	-	50	8

\*d<sub>1</sub> - номінальний діаметр нарізи кріпильної деталі (рис.4, таблиця 3)

Розміри фасок c<sub>1</sub> і c<sub>2</sub> обирати за ГОСТ 10948-64\* з ряду нормальних довжин: (0,5); 0,6; (0,8); 1; (1,2); 1,6; (2,0); 2,5;...



Рис.3

Таблиця 2

Діаметр d' стрижня кріпильної деталі	Діаметр наскрізного отвору d <sub>1</sub>		
	Ряд		
	1	2	3
5	5,3	5,5	5,8
6	6,4	6,6	7,0
8	8,4	9,0	10,0
10	10,5	11,0	12,0

Поверхні опорні під гвинти за ДСТУ ГОСТ 12876:2008

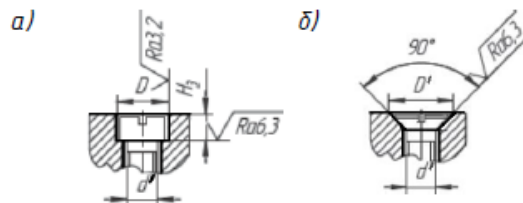


Рис.4

Таблиця 3

Номінальний діаметр нарізи, d'	D		H <sub>3</sub>	D'
	1-й ряд	2-й ряд		
5	10	10	3,5	10,3
6	11	12	4	12,3
8	14	15	5	16,5
10	17	18	6	20,0

Рис.1. Завдання до робочого кресленника деталі «Кришка»

Воно включає:

1. Аксонометричні зображення двох типів деталі кришка з нанесеними на них параметрами розмірів, а також значення цих параметрів за варіантами (табл. 1).

2. Довідкові таблиці 2-4, в яких розміщено основні параметри конструктивних і технологічних елементів деталей для виконання їх кресленика.

Вибір наведених в завданні деталей в якості моделей до вивчення тем, обумовлений тим, що подібні деталі є найбільш поширеними за формою та з'єднанням з іншими деталями.

Представлено дві універсальні конструкції кришки. Одна з них має наскрізний отвір для виходу як рухомих так і нерухомих деталей механізму. На фланцях кришок рівномірно розташовані отвори під кріпильні вироби, форма і розміри яких задані відповідними стандартами згідно варіанту і наведені в табл. 2, 3. Від кількості отворів, їх взаємного розташування залежить зміст головного виду деталі і кількість її видів на кресленнику.

Деталі завдання є універсальними щодо вибору технології їх виготовлення – або механічним способом, або литтям з додатковою механічною обробкою (рис.2), що дозволяє більш детально звернути увагу на це питання під час пояснення матеріалу викладачем. Технологія виготовлення деталі впливає на вибір головного виду, нанесення розмірів, вибору шорсткості поверхонь, на зміст технічних вимог, тобто на оформлення кресленика в цілому.

Крім конструктивних, на деталі задані технологічні елементи – канавки до виходу шліфувального круга (табл. 4); для вибору фасок наведено стандартний ряд нормальних довжин. Це дозволяє на практиці відпрацювати їх розрахунок та зображення на кресленнику.

Моделювання кресленика «Кришка» деталі, яка виготовлена литтям з механічною обробкою, в курсі інженерної графіки або в курсі комп'ютерної графіки, значно полегшує подальше виконання креслеників деталей з «натури», що входять до складального кресленика, та деталювання креслеників загального виду за навчальною програмою.

**Висновки.** Виконання наведеного завдання поширює і закріплює навички розробки ескізів, робочих креслеників деталей.

Схема, за якою представлено завдання, дозволяє зменшити час його виконання. Завдання за одним алгоритмом задає різні зображення деталі, що свідчить про створення динамічної моделі і, відповідно, динамічного уявлення в ході побудови кресленика.

Вивчення теми «Ескізи, робочі кресленики деталей» формує, загальну випадку, фундаментальну базу до реалізації алгоритму розробки кресленика будь-якої деталі. І виконання наведеного завдання є складовою частиною процесу формування навичок, необхідних в курсовому, дипломному проектуванні та конструкторській діяльності інженера.

Завдання зручно використовувати для вивчення курсу комп'ютерної графіки і виконання його за інформаційно- комп'ютерними технологіями.

***Бібліографічний*** список

1. Гетьман О.Г. Виконання робочих креслеників деталей за креслеником загального виду: навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету усіх форм навчання / О.Г. Гетьман, Н.В. Білицька, Г.В. Баскова. - К.: НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, 2016. – 144 с.
2. Ванін В.В. Інженерна графіка. Розробка ескізів та робочих креслеників деталей: навчальний посібник / В.В. Ванін, О.М. Воробйов, А.Є. Изволенська, Н.А. Парахіна, - К.: КПІ ім. І. Сікорського, 2016. – 106 с.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЬЕВ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ШЕСТЕРЕН

Козулин С.М., к.т.н., (<https://orcid.org/0000-0002-8368-4545>)<sup>1</sup>,

Подыма Г.С., ст. преподаватель (<https://orcid.org/0000-0002-0825-3235>)<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Институт электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины (Украина, г. Киев)

<sup>2</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (Украина, г. Киев)

***Аннотация** – изложены результаты разработки конструкции водоохлаждаемого формирующего устройства, обеспечивающего исключение последующей механической обработки эвольвентных профилей зубьев крупномодульных шестерен, восстановленных методом электрошлаковой наплавки.*

***Ключевые слова** – крупномодульные шестерни, модуль зуба, эвольвентный профиль, износ, восстановление, формирующее устройство, электрошлаковая наплавка.*

**Постановка проблемы.** В настоящее время в Украине и за рубежом в горнодобывающей, металлургической и энергетической отраслях промышленности эксплуатируется значительный парк оборудования, в приводных механизмах которого используются крупномодульные прямозубые и косозубые шестерни, зубчатые венцы, работающие в условиях значительных знакопеременных нагрузок и абразивной износа. Большинство из них не вырабатывают нормативный ресурс в результате преждевременного износа эвольвентных профилей зубьев (до 50...60%), а также их поломок, что приводит к простоям дорогостоящего оборудования и необходимости закупок запасных деталей по импорту.

Применение ремонтных технологий с использованием сварочных процессов позволяет продлить рабочий ресурс изношенных деталей машин и уменьшить закупки запасных частей по импорту [1]. Однако на сегодняшний день большинство указанных изношенных крупномодульных шестерен, масса дефектных зубьев которых не превышает 3...5 % от их общей массы, отправляют в металлолом, что с нашей точки зрения крайне не рационально. Для изготовления новых шестерен требуется использование уникального зубофрезерного оборудования, которое, как правило, имеется только на крупных машиностроительных заводах. Поэтому разработка специальной технологической оснастки и технологии, позволяющей на месте эксплуатации осуществлять восстановление



изношенных эвольвентных профилей зубьев без их последующей механической обработки, является актуальной задачей.

**Анализ последних исследований.** Существующие методы восстановления зубьев крупномодульных шестерен с применением многопроходной электродуговой наплавки покрытыми электродами и механизированной в защитном газе не нашли широкого применения в связи с низкой производительностью процесса, негарантированным качеством сплавления присадочного материала с основным, опасностью образования межслойных дефектов в виде неметаллических включений, пор, трещин, выкрашивания активных поверхностей зубьев и др. [1]. Кроме этого, после проведения ремонтно-восстановительных работ указанными методами требуется последующая механическая обработка эвольвентных профилей наплавленных зубьев [2].

Наибольшими техническими возможностями для повышения производительности и качества ремонтных работ обладает электрошлаковая наплавка (ЭШН), нашедшая широкое применение при восстановлении крупногабаритных деталей машин, эксплуатирующихся в различных областях промышленности [3]. Главным преимуществом ЭШН является возможность с использованием специальных формирующих устройств выполнять за один проход наплавку слоёв металла различного профиля практически неограниченных размеров. Однако известные конструкции формирующих устройств не позволяют обеспечить точное восстановление геометрических параметров эвольвентных профилей зубьев из-за имеющихся недостатков, основным из которых является отсутствие учета особенностей формирования наплавленного металла при ЭШН, влияющего на конечные размеры наплавленного металла [4].

**Формулировка целей (постановка задачи).** Разработка конструкции формирующего устройства, обеспечивающей исключение механической обработки профилей зубьев, восстановленных методом ЭШН, позволит осуществлять полный цикл ремонтно-восстановительных работ непосредственно на территории предприятий, где эксплуатируются крупномодульные шестерни.

**Основная часть.** Поставленную задачу решали путём изменения конструкции формирующего устройства с учётом особенностей процесса формирования наплавленного металла при ЭШН.

Известно, что при выполнении ЭШН в водоохлаждаемом устройстве на рабочей поверхности наплавленного металла образуется гарнисажная корочка [4], после удаления которой геометрические параметры восстановленного профиля уменьшаются на её толщину.

Для получения геометрических параметров восстанавливаемых профилей соответствующих требованиям нормативной документации было предложено при проектировании формирующего устройства изменить размеры рабочей полости кристаллизатора с учётом толщины

гарнисажной корочки (рис. 1). Высоту профиля 3 рабочей полости кристаллизатора  $h_k$  определяли из выражения:

$$h_k = h + \delta_z = 0,5(d_a - d_f) + \delta_z \quad (1)$$

Ширину формирующей полости кристаллизатора  $S_k$  определяли из выражения:

$$S_k = 0,5 m \pi + \delta_z \quad (2)$$

где  $m$  – модуль восстанавливаемого зуба.

Аналогичным образом, используя известные выражения [5] и программу КОМПАС-3D V12, рассчитывали геометрические параметры профиля формирующей полости кристаллизатора. При этом размеры неизношенной части ножки зуба, высота которой составляет  $0,25m$ , не изменяли чтобы обеспечить точность установки кристаллизатора.

Толщина гарнисажной корочки, образующейся на наплавленной поверхности, зависит от параметров режима ЭШН и марки применяемого флюса (его термохимических свойств). Для выполнения расчётов значения толщины гарнисажной корочки выбирали, используя результаты исследований, изложенных в работе [6].

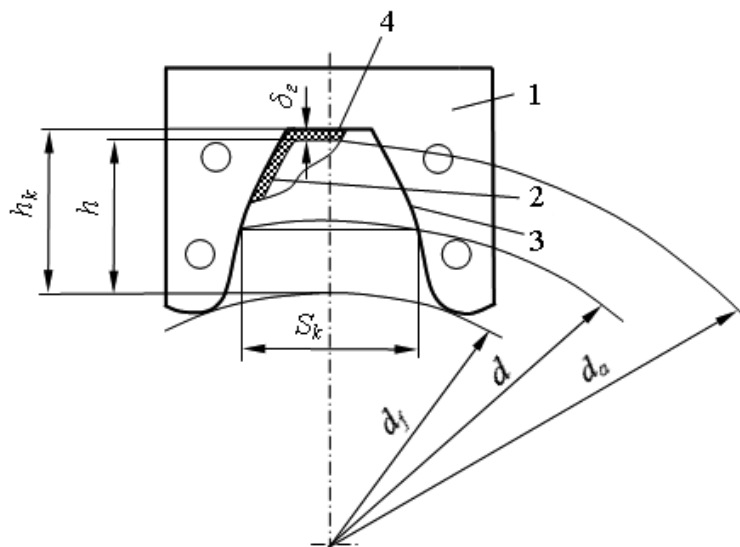


Рис. 1. Схема профиля рабочей поверхности кристаллизатора: 1 – кристаллизатор; 2 – расчётный эвольвентный профиль зуба; 3 – профиль рабочей поверхности кристаллизатора; 4 – гарнисажная корочка;  $d$  – делительный диаметр;  $d_a$  – диаметр вершин зубьев;  $d_f$  – диаметр впадин;  $h$  – расчётная высота восстанавливаемого зуба;  $h_k$  – высота профиля полости кристаллизатора;  $\delta_z$  – толщина гарнисажной корочки;  $S_k$  – ширина формирующей полости по хорде делительной окружности.

В результате выполненных работ разработана конструкция и рабочие чертежи формирующего устройства, обеспечивающего восстановление методом ЭШН геометрических параметров эвольвентных профилей зубьев, соответствующих требованиям ГОСТ 16532-70 (рис. 2).

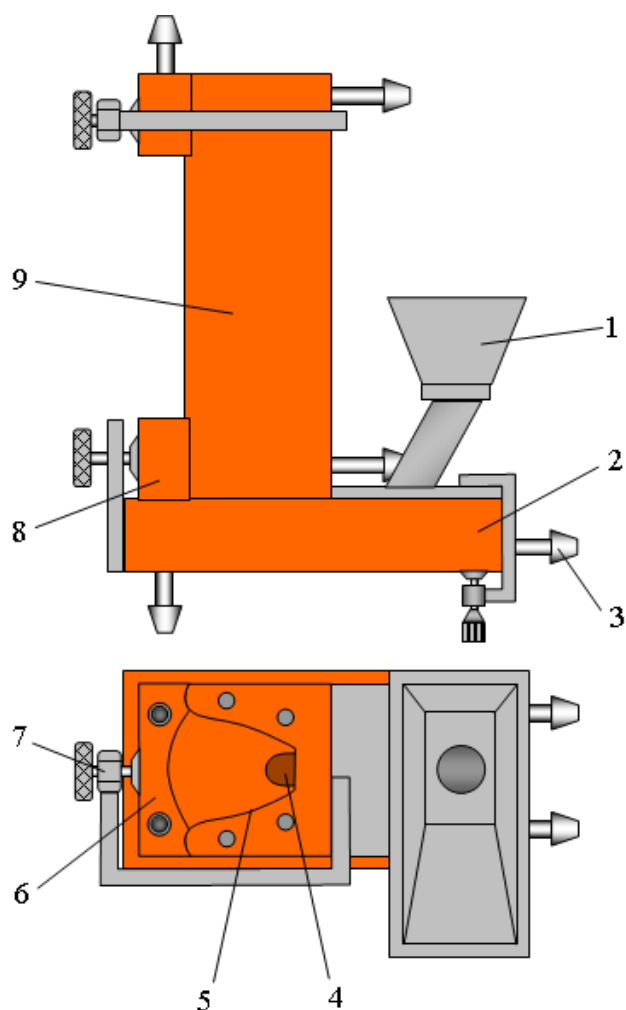


Рис. 2. Схема формирующего устройства для восстановления эвольвентных профилей зубьев крупномодульных шестерен: 1 – сифонная воронка; 2 – медный водоохлаждаемый поддон; 3 – штуцер; 4 – паз для транспортировки жидкого флюса; 5 – профиль рабочей полости кристаллизатора; 6 – выводная планка; 7 – трубочина; 8 – входная планка; 9 – кристаллизатор.

Восстановление изношенных эвольвентных профилей зубьев крупномодульных шестерен с использованием разработанного формирующего устройства включает следующие операции. На поверхности впадин зубьев, изношенные части которых предварительно удалены механическим способом или газопламенной резкой, устанавливают и фиксируют кристаллизатор 9 (рис.2). Затем монтируют входную 8 и выводную 6 технологические планки.

Поддон 2 фиксируют на нижнем торце кристаллизатора, образуя входной карман. Технологические планки предназначены для обеспечения гарантированного сплавления присадочного металла с наплавляемой кромкой в начальном участке, а также вывода шлаковой ванны и усадочной раковины за пределы наплавляемой кромки при завершении наплавки зуба.

Для обеспечения надежного начала процесса наплавки с применением метода «жидкого старта» [3] используют водоохлаждаемый поддон 2, в теле которого имеется паз 4, служащий каналом для транспортировки жидкого флюса в рабочую полость. Заливку жидкого флюса осуществляют сифонным способом, используя воронку 1, изготовленную из жаропрочной стали. ЭШН выполняют плавящимся мунштуком с помощью серийных сварочных аппаратов А-1304УХЛ4, А-535УХЛ4 и др.

После наплавки всех зубьев с наплавленных поверхностей удаляют гарнисажную корочку и осуществляют термическую обработку шестерни. После удаления прибыльных участков шестерню отправляют в эксплуатацию без последующей механической обработки эвольвентных поверхностей.

На рис. 3 показан внешний вид формирующего устройства (а) для восстановления зубьев шестерни ( $m=36$ ,  $z=13$ ) и поперечный макрошлиф наплавленного зуба (б).

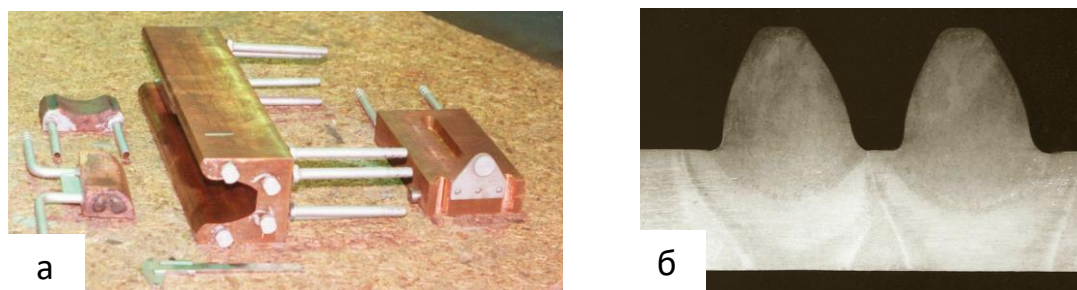


Рис. 3. Внешний вид водоохлаждаемого формирующего устройства для восстановления зубьев шестерен  $m = 36$ ,  $z = 13$  (а) и поперечный макрошлиф зубьев, наплавленных без последующей механической обработки (б).

**Выводы.** Разработана принципиальная конструкция водоохлаждаемого формирующего устройства, позволяющая исключить последующую механическую обработку эвольвентных поверхностей зубьев, восстановленных методом ЭШН за один проход.

Организация ремонтных участков с использованием разработанного устройства обеспечит возможность осуществлять восстановление зубьев крупномодульных шестерен в непосредственной близости от места их эксплуатации.

### Библиографический список

1. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов [под. ред. В. П. Иванова]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Рябцев И.А., Кусков Ю.М., Кондратьев И.А. и др. (2007) Материалы и энергосберегающие технологии наплавки для восстановления и изготовления деталей машин и механизмов. *Автоматическая сварка*, **3**, 21 – 26.
3. Патон Б. Е. (ред.).(1980) Электрошлаковая сварка и наплавка. Москва, Машиностроение.
4. Козулин С. М., Подыма Г. С. Формирующее устройство для восстановления крупномодульных зубьев венцов электрошлаковой наплавкой // Матеріали IV-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених», Випуск 4. – К.: ДІЯ, 2015. – С. 102 – 107.
5. Зубчатые передачи: справочник / [под ред. Е.Г. Гинзбурга]. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1980. – 414 с.
6. Kozulin S. M., Sushchuk-Slyusarenko I. I., Lychko I. I. (2009) Effect of ESC parameters on quality of restored gear teeth. *The PatonWelding J.*, **9**, p. 47 – 49.

## ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД НА ТЕС ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Надкернична Т. М., старший викладач,  
Лебедева О.О., старший викладач,  
Беднарська Я. С., студентка ТЕФ, III курс  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»  
(Україна, м. Київ)

*Анотація* – в даній роботі розглянуті схеми та методи, які дозволяють проводити розрахунки установок зворотного осмосу (ЗО) як на вихідній воді, так і на стічних водах хімічних очисних споруд. Застосування ЗО на установках хімічної очистки води ТЕС дозволить створити системи очищення води без випарників. Метод використання напівпроникних мембран у пристроях зворотнього осмосу може забезпечити високоефективну очистку джерел та стічних вод від мінеральних домішок. Удосконалення та здешевлення ЗО можна досягти шляхом створення мембран з високою проникністю та селективністю, а також створення пристроїв з більшою продуктивністю..

*Ключові слова* – теплова енергетика, повторне використання води, зворотний осмос, очищення, стічні води, мембрана, хімічна очистка води.

**Постановка проблеми.** Сьогодні однією з найбільших проблем охорони навколишнього середовища для України є гідросфера [1]. Теплова енергетика є одним з найбільших промислових споживачів води. Повторне використання стічних вод може значно зменшити негативний вплив на водні об'єкти та зменшити кількість забруднюючих речовин, що надходять із стічних вод, а зменшення споживання води, в тому числі шляхом повторного використання води, є важливою економічною та екологічною проблемою. [2]

**Аналіз останніх досліджень.** Аналізуючи системи споживання води теплових електростанцій з різними системами охолодження було встановлено, що є можливості зменшити споживання води.

**Формулювання цілей (Постановка завдання).** Вибір найбільш оптимального методу очищення води (ГЕС) на екологічно чистих ТЕС з урахуванням типу самої ТЕС, показників роботи ГЕС. Також вибір повинен базуватися на порівнянні змін конкретних дисконтованих витрат (ПДВ) для різних технологій опріснення.

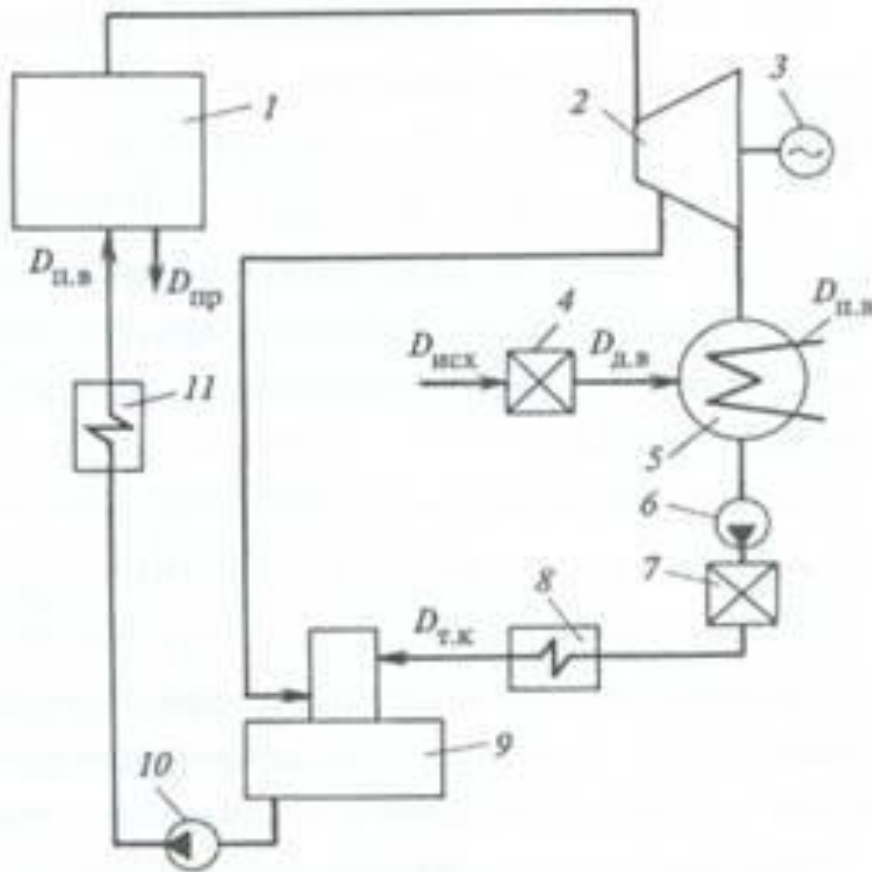


Рис. 1. Живильна схема поводження води в тракці КЕС

**Основна частина.** Величина капітальних витрат для різних схем опріснення - це сукупні витрати на підготовку та озеленення, технологічні та електричні деталі, вимірювальні прилади та автоматику, будівельну частину, дороги, зовнішні мережі, зв'язок та телемеханіку. [3]

Найпродуктивнішим є метод використання напівпроникних мембран у пристроях зворотного осмосу. Цей метод може забезпечити високоефективну очистку джерел та стічних вод від мінеральних домішок. Розглянуто деякі можливі аспекти використання установок зворотного осмосу (УЗО) для підготовки води до циклу ТЕС та очищення стічних вод: вибір типу мембран та пристроїв, основні технологічні схеми УЗО та основні залежності розробленої методики розрахунку та конкретні техніко-економічні показники.

Наприклад, комбінована установка за схемою, представленою на рис. 2., включає поряд з установкою зворотного осмосу вузол ультрафільтрації.

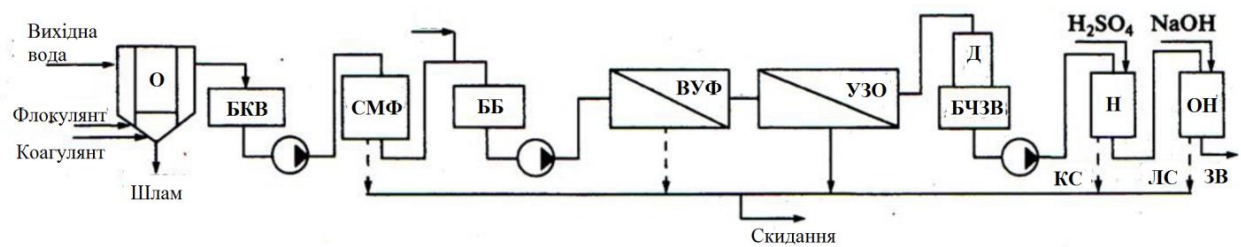


Рис. 2. Схема комбінованої установки для підготовки глибокого обезсолення води з застосуванням іонообмінної доочистки.

О – освітлювач; БКВ - бак коагульованої води; СМФ - самопромивні механічні фільтри; ББ - буферні баки; ВУФ - вузол ультрафільтрації; БЧЗВ - бак частково знесоленої води; УЗО - установка зворотного осмосу; Д- декарбонізатор; КС - кислий стік; ЛС- лужний стік; ОВ - обезсолена вода; Н, ОН - іонітні фільтри.

Найоптимальнішою була схема ступінчастої концентрації з мембранною селективністю 70% з поділом на дві послідовно діючі триступеневі секції, із системою рециркуляції фільтрату всередині секцій, з рециркуляцією фільтрату другої секції на першу ступінь і фільтрат першої стадії.

**Висновки.** Отже, застосування УЗО на установках хімічної очистки води ТЕС дозволить створити бездротові системи очищення води без випарників. Удосконалення та здешевлення УЗО можна досягти шляхом створення мембран з високою проникністю та селективністю, а також створення пристроїв з більшою продуктивністю.

### *Бібліографічний список*

1. Скорочення споживання та повторне використання стічних вод на ТЕС/ О.О. Грановська, І.С. Беднарська, О.А. Коцюба, Н.О. Колібабчук, Я.С. Беднарська. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 313 с. – (Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики) (Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, м. Київ, 23– 26 квітня 2019 р./ КПІ ім. Ігоря Сікорського : т 2).
2. Використання методу зворотного осмосу для водопідготовки в теплоенергетиці / Самодуров А.Н., Лисенко С.Є., Громов С.Л. та ін. // Теплоенергетика. - 2006. - N 6. - С.26-30
3. Жуков А.І., Монгайт І.А., Родзіллер І.Д. Методи очищення промислових стічних вод/ Довідковий посібник. Москва: Стройиздат, 1977.
4. Очищення води методом зворотного осмосу та ультрафільтрації / Ясмін А. А., Орлов А. К., Карелін Ф. Н., Рапопорт Я. Д. М.: Стройиздат, 1978.



## ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ РІЗНОВИДІВ КОЛУНІВ ТА ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЯ

Кувшинов О. В., студент;  
Кубрак М. В., студент;  
Юрчук В.П., д.т.н., професор,  
Вознюк Т.А., ст викл.

*Національний технічний університет України  
«КПІ імені Ігоря Сікорського» (Україна, м. Київ)*

***Анотація** – проаналізовано існуючі підходи використання традиційних конструкцій устаткування в промисловості та побуті, які призначені для розколу деревної заготовки на поліна, виконані патентно-інформаційні дослідження для оцінки технічного рівня обладнання та модернізовано клин дровоколу для зниження зусиль розколювання чураків великого діаметру на велику кількість полін при прийнятній продуктивності.*

***Ключові слова** – вертикальний і горизонтальний клин дровоколу, робоча частина, кінетичні і механічні колуні, багатолезовий ніж.*

**Постановка проблеми.** Устаткування, призначене для розколу деревної заготовки на поліна, називається дроворубом. Для професійної заготівлі в промислових обсягах випускаються дровокольні верстати. Такі комплекси здатні торцювати колоду на заготовки потрібної довжини і колоти їх на поліна. Готова продукція з робочої зони відводиться конвеєром.

**Формулювання цілей.** Пристрої випускаються з вертикальним і горизонтальним розташуванням заготовки. У першому варіанті заготовку ставлять на станину і зверху опускають колун. Перевага вертикальних дровоколів в тому, що на станину можна поставити вигнуті чурки, проте їх доведеться притримувати руками, що обтяжує дотримання техніки безпеки. У другого виду дровоколів заготовка розміщується в горизонтальному жолобі і пересувається до ножа. Ці пристрої практичніше і безпечніше вертикальних, але займають більше місця.

**Основна частина.** За типом використовуваної енергії моделі колунів діляться на: кінетичні (ручні) та механічні [1].

Перший вид колунів працює за рахунок використання сили людини і не вимагає додаткових технічних засобів. Дані вироби найбільш економічні та найбільш популярні через дешевизну, простоту виготовлення.

**Лом-колун** представляє собою довгий металевий стрижень із загостреним конусом з одного боку і держакон з іншого. Колун піднімають руками і з силою опускають конусом на поліно. Продуктивність низька, а робота вимагає великих фізичних зусиль.

**Циліндричний ручний колун** є компактним і легко переноситься, використовується для заготовки невеликої кількості дров (для каміна або лазні). На підставці закріплений каркас з направленим вгору лезом. По заготовці, розміщеній всередині каркасу, завдають ударів кувалдою. Лезо розділяє цурку на поліна.

**Пружинний колун** є найпоширенішим і продуктивнішим серед кінетичних пристроїв. Заготовка розколюється робочою частиною, закріпленою на балці та амортизованою пружиною, вимагає невеликих зусиль. Механічні дроворуби за типом роботи розрізняють на: гідравлічні, конусні (гвинтові), рейкові.

**Гідравлічний колун** має переваги у плавності ходу і створенні великого навантаження на заготовку. Енергія від електричного або бензинового двигуна передається на гідроциліндр. Робоча рідина надходить в шток, який переміщує упор із заготовкою до стаціонарно закріпленого ножа. Зусилля, створюване гідроциліндром, може досягати 10 тон. Хід штока і напрямок руху регулюються розподільником. Він же охороняє механізм від поломки, якщо його потужності не вистачає для розколу чурки.

**У гвинтового принцип дії** заснований на вгвинчуванні конусоподібного робочого елемента в заготовку і розколу її на 2 і більше частин. Випускають гвинтові пристрої в 3 варіантах, з різницею в способах передачі енергії від двигуна на робочий конус. Конус безпосередньо або через маховик фіксується на валу низько шпритного електродвигуна (до 5 кВт, 400-500 об / хв). Від двигуна крутний момент на конус передається з використанням пасової або ланцюгової передачі. Шків підбираються так, щоб швидкість руху конуса не перевищувала 300-400 об / хв. Іноді двигун передає енергію конусу через мотор-редуктор. Даний пристрій відносно складний і застосовується в основному в промислових древокольних верстатах або народними умільцями.

**Рейковий пристрій** базується на методі роботи зубчастої рейкової передачі. Рухомою рейкою передачі функціонує за рахунок шестерні, закріпленої на занижаючому шківі пасової передачі, з'єднаної з двигуном. Контакт шестерні і рейки забезпечує рукоять управління. Зубчаста рейка пересувається по напрямних, встановлених на закріпленій рамі, з іншого краю якої знаходиться колун. Зворотний хід рейки проводиться за рахунок поворотної пружини. Рейкові дроворуби відрізняються надійністю, економічністю і відмінними показниками в роботі.

За видом тяги дроворуби можна розділити на:

1. Електричні. Харчування відбувається за рахунок електродвигуна. Дані пристрої не вимогливі в обслуговуванні і прості в

роботі. Можлива установка в приміщенні. Мінусом є мала мобільність через прихильності до джерела електроенергії.

2. Дроворуби з бензиновим двигуном мають більшу потужність і продуктивністю. Застосовуються як в побуті, так і при промислових заготовках.

3. Дроворуби з тракторною тягою. Робочий циліндр апарату приєднується до гідравлічної системи транспорту, що в разі збільшує швидкість і робочий ресурс древокола. Ці моделі застосовують, коли необхідно заготовити великий обсяг дров.

4. Комбінована тяга. Застосовується на промислових древокольних верстатах і буває двох типів: тракторний гідропривід і електродвигун, тракторний гідропривід і бензиновий двигун [4, 5].

Для вирішення побутових проблем найчастіше застосовують ручні та електричні дроворуби, рідше – бензинові.

Недоліком даних технічних рішень є складність синхронного набору чураків різного діаметру в накопичувачі, що істотно знижує заявлену продуктивність. Відомо також, що сільськогосподарські роботи небезпечні для життя людини, особливо при використанні різноманітного обладнання, яке складається з багатьох рухомих частин, та є травматичним для здоров'я робітника, який його обслуговує.

Для безпечної роботи з пристроєм необхідно дотримуватися певних правил: процес заготівлі деревини потрібно проводити в закритому одязі, рукавичках і захисних окулярах, щоб не травмуватися відскокливою від заготовки тріскою; заготовка повинна міцно розташовуватися в жолобі і не зміщуватися при пересуванні; при русі поршня заборонено протягувати руки до ножів і поправляти рушившу заготовку; будь-які маніпуляції з заготівлею виконують після виключення агрегату і повної зупинки всіх його вузлів; роботи з ремонту або заміні вузлів древокола проводять, відключивши електродвигун від харчування мережі [2]. Не всіх правил можна дотриматись при роботі на представлених пристроях.

Метою досліджень є усунення зазначених недоліків і зниження зусилля розколювання навіть чураків великого діаметру на велику кількість полін при прийнятній продуктивності.

Заявлена мета здійснена тим, що в геометричному центрі перетину на половині робочої довжини вертикального клина з горизонтальним клином закріплений центральний клин, який виступає за межі лез вертикального і горизонтального клинів з боку чурака, а на задньому кінці центрального клину, який виступає за межі тіла пересічних вертикального і горизонтального клинів, встановлена з можливістю обертання у вертикальній площині втулка з прикріпленими до неї клинами з кількістю клинів і кутом між ними, що дорівнює кількості клинів, безпосередньо закріплених на центральному клині.

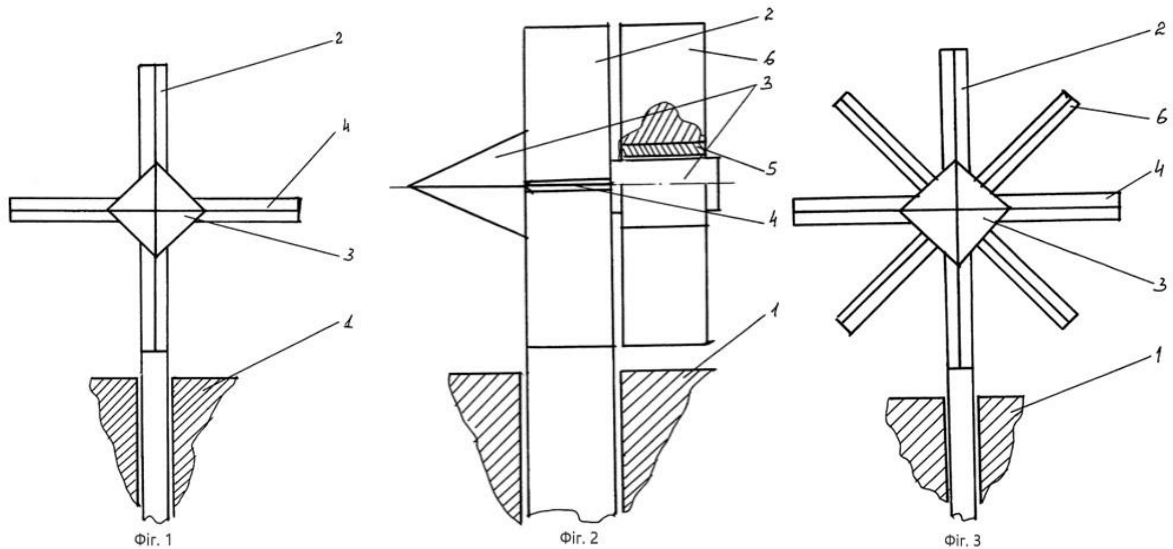


Рис. 1. Вид багатолезового ножа

На рис. 1, фіг.1: 1 – рама дровокола, в якій встановлено можливість зворотно-поступального руху вертикальний клин 2, по центру робочої частини якого закріплений центральний клин 3, загострена частина якого розташована також з боку розколює чурак і виступає за площину леза вертикального клина і піднявши зовнішні краї горизонтальний клин 4.

На фіг. 2 зображений багатолезовий ніж, вид збоку, де на задній частині центрального клина 3, яка виступає за тіло вертикального і горизонтального клинів з боку, протилежного розколює чурак, встановлена з можливістю обертання втулка 5, на якій закріплені клини 6 в положенні, коли клини 2 і 6 розташовані в одній площині.

На фіг. 3 показаний вид з боку розколює чурак, коли клини 6, закріплені на втулці 5, розташовані між клинами 2 і 4 і ділять кут між ними навпіл.

Робота багатолезового ножа полягає в наступному: при розколюванні тонких чураків на 2 частини багатолезовий ніж піднятий і чурак насувається на нижню частину вертикального клину. При розколюванні на 4 частини багатолезовий ніж встановлюють по висоті таким чином, щоб центральний клин 3 збігся з центром чурака. При наколюванні на центральний клин 3 у чурака створюється напруга, що знижує зусилля на розколювання вертикальним 2 і горизонтальним 4 клинами ножа.

При розколюванні на більшу кількість полін (в даному випадку на 8) поворотом втулки 5 із закріпленими на ній клинами 6 встановлюють їх між клинами 2 і 4 нерухомого ножа. В цій настройці спочатку йде впровадження центрального клина 3 в чурак, в якому створюються попередні напруги, потім чурак насувається на клини 2 і 4 нерухомого

ножа з розколюванням його на 4 частини і далі на клини 6, закріплені на втулці 5, де і розділяться четвертинки чурака на вісім полін.

### ***Висновок.***

1. Таке обладнання дозволяє знизити потужність силової установки, оскільки розколювання матеріалу йде поетапно, знижуються разові зусилля, а так як переналагодження на розколювання з чотирьох на вісім полін проводиться поворотом втулки 5, що обертається, із закріпленими на ній клинами 6, що не займає багато часу – збільшується продуктивність.
2. Відпадає необхідність в попередньому, нехай і автоматичному сортуванні чураків по діаметру, а це спрощує конструкцію і знижує габарити колуна шляхом виключення пристрою для сортування чураків по діаметру.
3. Дроворуби істотно полегшують заготовку великого обсягу дров, економлять сили і час.

### ***Бібліографічний список:***

1. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творіння машин. / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.

2. Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти. – Харків: НТМТ, 2020. – 258 с.

3. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: Підручник. -К.: Наукова думка,2002. – 660 с.

4. Сидоренко В. К., Терещук Г. В., Юрженко В. В. Основи техніки і технології: навчальний посібник — К.: НПУ, 2001. — 163 с.

5. Попов С.В., Бучинський М.Я., Гнітько С.М., Чернявський А.М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. – Харків: НТМТ, 2019. – 268 с.

6. Martin Burckhardt: Vom Geist der Maschine. Eine Geschichte kultureller Umbrüche. Campus Verlag, Frankfurt/M./New York 1999.

7. Sybille Krämer: Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriss. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1988.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНИКА ДЛЯ ВИНАЧЕННЯ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ДВОХ ПОВЕРХОНЬ

Демчук М.М., студент,  
Юров М.С., студент,  
Білицька Н.В., к.т.н., доц.,  
Гетьман О.Г., к.т.н., доц.

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
(Україна, м. Київ)*

*Анотація* – в роботі наведена інформація про можливість застосування методів перетворення кресленика для побудови лінії перетину двох кривих поверхонь. Розглядається можливість вибору раціонального метода для розв'язку конкретної задачі та аналізуються можливі варіанти пошуку характерних та проміжних точок цієї лінії.

*Ключові слова* – лінія перетину, криві поверхні, алгоритм побудови, посередники, характерні та проміжні точки лінії перетину, перетин поверхонь, метод заміни площин проєкцій, метод обертання навколо проєкціуючої осі.

**Постановка проблеми.** Інколи для визначення лінії перетину двох поверхонь можна застосовувати декілька способів. Вибір конкретного варіанту залежить від виду цих поверхонь та їх розташування у просторі. Існує низка посередників, якими зручно користуватися при визначенні спільних точок цих поверхонь, що належать лінії перетину [1, 2], але і ці способи не є універсальними. У таких випадках слід шукати інші підходи. Інколи застосування методів перетворення комплексного кресленика значно спрощує побудову.

**Аналіз останніх досліджень.** Перед визначенням лінії перетину поверхонь необхідно ретельно аналізувати можливість застосування того чи іншого метода з точки зору оптимальності побудови їх лінії перетину, зручності знаходження характерних та випадкових точок.

**Постановка завдання.** В конструкторській практиці існує можливість надання багатьох варіантів розв'язку тих чи інших питань. Це є мотивацією для опанування декількох методів для досягнення заданих цілей. Вивчення студентами додаткових розділів курсу нарисної геометрії сприяє не тільки загальній обізнаності, але й надає можливість бути більш підготовленими до професійної діяльності [3, 4]. Розгляд питання визначення лінії перетину поверхонь також сприяє цій меті [5-9].

**Основна частина.** При визначенні лінії перетину поверхонь виникає питання оптимального вибору посередника, за допомогою якого реалізується побудова. Але існують випадки, коли перетворення комплексного кресленика значно спрощує побудову лінії перетину. Розглянемо деякі з них на наступних прикладах.

Визначимо лінію перетину трикутної піраміди з поверхнею еліптичного конуса (рис.1).

У цьому випадку застосування допоміжних січних площин, що проходять через вершину  $S$  конуса має відомі складності, що пов'язані із втратою точності побудови. Тому розв'язок цієї задачі надаємо за допомогою метода заміни площин проекцій.

Виконаємо заміну фронтальної площини проекцій  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$  таким чином, щоб вона була перпендикулярна ребрам трикутної піраміди, що позначені як  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , тобто розташуємо  $x_1$  перпендикулярно цим лініям. Після отримання проекцій призми та похилого конуса на нову площину проекцій  $\Pi_4$  бачимо, що ребра заданої піраміди перетворилися на проекціюючі прямі, а грані призми на цій площині проекцій представлені у вигляді проекціюючих площин, із слідами-проекціями яких і будуть співпадати проекції лінії його перетину з похилим конусом.

Побудову будемо здійснювати методом повних перерізів. Для цього на  $\Pi_4$  подовжимо слід-проекцію грані, що задана паралельними прямими  $a$  та  $c$  до перетину з твірною обрису конуса. Знаходимо точки  $A$  ( $A_4$ ,  $A_1$ ) та

$F$  ( $F_4$ ,  $F_1$ ) на твірній  $S1$  ( $S_4I_4$ ,  $S_1I_1$ ). Це одна із осей шуканого еліпса, за яким площина грані перетинає конус. Дійсна частина еліпса буде обмежена точками  $B$  та  $C$  (на  $\Pi_1$  проекції позначені  $B_1$  та  $C_1$ ). На середині відрізка  $AF$  ( $A_4F_4$ ,  $A_1F_1$ ) знайдені точки, що представляють другу вісь еліпса (на кресленику не позначені літерами).

Далі знаходимо точки на твірних еліпса, що будуть обмежувати видимість лінії перетину на  $\Pi_1$ . Це точка  $D$  ( $D_4$ ,  $D_1$ ), яка розташована на лівій твірній обрису конуса на  $\Pi_1$ . Точка на правій твірній знайдена аналогічно (літерою не вказана). Таким чином, частина еліпса, що обмежена цими точками, буде невидимою, інші дві дійсних частини побудованого еліпса частини видимі.

Аналогічну побудову виконуємо для знаходження горизонтальної проекції лінії перетину конуса слід-проекцією грані, що задана паралельними прямими  $b$  і  $c$ . На  $\Pi_1$  дійсна частина цього еліпса буде повністю невидимою.

Фронтальні проекції лінії перетину похилого конуса із гранями піраміди знаходимо, користуючись основними положеннями метода заміни площин проекцій: на  $\Pi_2$  зворотнім рухом знаходимо кожну із знайдених на  $\Pi_1$  точок, вимірюючи для кожної із них відповідні відстані від нової осі  $x_1$  та відкладаючи їх по лініям зв'язку від старої осі  $x$ .

В деяких випадках розв'язок задачі на знаходження лінії перетину двох поверхонь обертання начебто достатньо простий, але потребує застосування нетривіальних підходів для визначення характерних точок ліній перетину та уточнення її форми та досягнення більшої точності побудови.

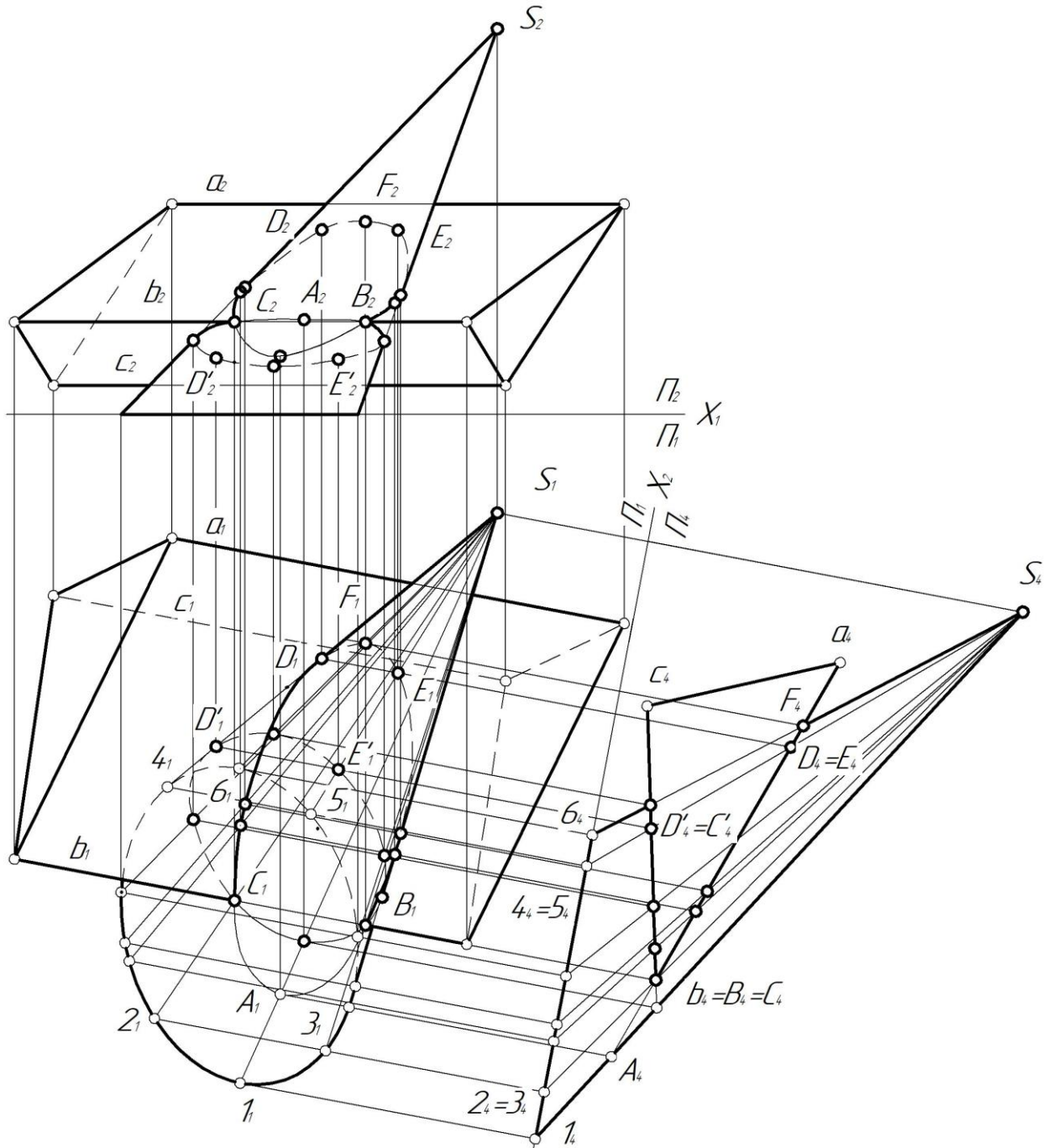


Рис. 1. Визначення лінії перетину похилого конуса з призмою.

Розглянемо таку ситуацію при перетині поверхні обертання загального вигляду та поверхні еліпсоїда обертання (рис.2).



Вочевидь, тут оптимальний варіант для визначення лінії перетину – застосувати горизонтальні площини-посередники, які перетнуть і одну і другу поверхню за колами, які на площину проєкцій  $\Pi_1$  будуть проєкціюватися без спотворення. Але таким чином не можна визначити межі існування цих допоміжних січних площин.

Розв'язок цієї задачі виконаємо за допомогою метода обертання навколо проєціюючої осі. Це надасть можливість не тільки побудувати характерні точки шуканої лінії перетину, але й визначити межі проведення січних площин посередників.

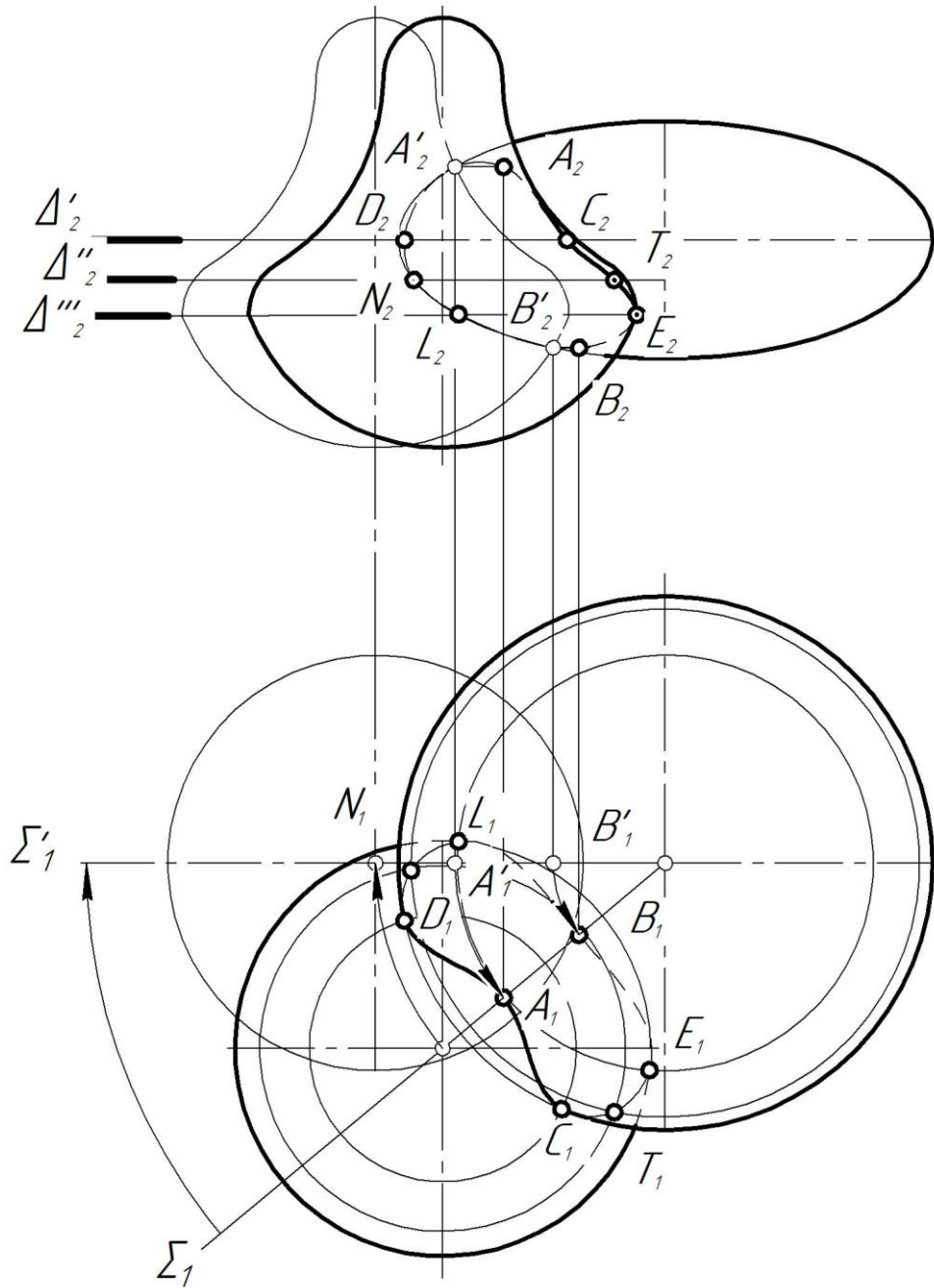


Рис. 2. Визначення лінії перетину двох поверхонь обертання..

Для цього застосовуємо допоміжну горизонтально-проекціюючу площину  $\Sigma(\Sigma_1)$ , яка проходить через осі обертання обох поверхонь.

Повернемо площину  $\Sigma(\Sigma_1)$  навколо осі обертання еліпсоїда таким чином, щоб вона зайняла положення фронтальної  $\Sigma'(\Sigma'_1)$ . Тоді обидві поверхні обертання матимуть спільну фронтальну площину симетрії, в якій розташуються їх лінії обрису.

На рис.2 стрілками показаний перенос осі обертання поверхні обертання загального вигляду на горизонтальній площині проєкцій  $\Pi_1$  та обрис переміщеного контуру цієї поверхні на фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$ .

Перетин головних меридіанів цих поверхонь на фронтальній площині проєкцій  $\Pi_2$  і надасть нам положення фронтальних проєкцій найвищої та найнижчої точок  $A'_2$  та  $B'_2$ . За лініями зв'язку знаходимо горизонтальні проєкції точок  $A'_1$  та  $B'_1$ .

Поворотом площини  $\Sigma$  в початкове положення переводимо точки  $A$  та  $B$  в їх дійсне положення  $A(A_2, A_1)$  та  $B(B_2, B_1)$ . Ці точки вказують межі ділянки для проведення допоміжних січних площин.

Перед визначенням випадкових точок лінії перетину відмітимо ще характерні точки, які належать екваторам заданих поверхонь. На рис.2 позначимо ці точки літерами  $E, L, C, D$ . Вони визначені перетином екватора однієї поверхні з відповідною паралеллю іншої поверхні.

Випадкові точки лінії перетину визначаються за допомогою горизонтальних площин-посередників  $\Delta$ , які перетинають кожену поверхню за паралелями. На рис.2 показана побудова випадкових точок  $N$  та  $T$  за допомогою січної площини  $\Delta$ .

З'єднуємо отримані точки та визначаємо видимість лінії перетину заданих поверхонь.

**Висновки.** Для розв'язку запропонованих задач були обрані та застосовані оптимальні варіанти визначення лінії перетину двох поверхонь. Використання способу заміни площин проєкцій демонструє студентам один з прикладів методики розкладання складних задач на низку більш простих, рішення яких відомо. Наданий приклад застосування методу обертання об'єктів навколо проєкціюючої осі також заслуговує особливої уваги: за допомогою цього прийому були знайдені характерні точки лінії перетину. Такий неординарний підхід формує апарат просторово-логічного мислення, розширює уявлення студентів про діапазон застосування методів перетворення комплексного кресленика та спонукає до пошуку неординарних рішень.

#### **Бібліографічний список**

1. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – М: Высшая школа, 1973. – 286 с.
2. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. – К: Видавнича група ВНУ, 2009. – 399с.

3. Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Один з напрямів розвитку творчого потенціалу студентської молоді стор. // Збірник доповідей IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. с.16-21.

4. Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Фундаментальна підготовка студентів запорука успішного становлення спеціаліста // Матеріали 7-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. . 26-27 квітня 2018 Вип.7.-К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С.145-149.

5. Ятченко М.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Визначення лінії перетину поверхонь за допомогою циліндричних та конічних посередників. – /Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 6. – К: ДІА, 2017. с.300-303.

6. Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Яцюк О.А. Застосування площин загального положення як посередників при розв'язанні задач на перетин поверхонь. – /Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 4. – К: ДІА, 2015 р. с.37-41.

7. Гритчина К.С., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Про вибір раціонального метода побудови лінії перетину двох поверхонь другого порядку. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.

8. Волочнюк М.В., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Оптимізація розв'язку деяких метричних задач нарисної геометрії. // Збірник доповідей IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. стор. 84-88

9. Данилов В.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Побудова лінії перетину деяких поверхонь методом ексцентричних сфер. - / Збірник доповідей IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. – К: ДІА, 2020 р. с. 98-101.

## ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА СФЕР ПРИ ПОБУДОВІ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ДВОХ КРИВИХ ПОВЕРХОНЬ

Гнатенко А.В., студент,  
Пасека С.М., студент,  
Яйченя А.М., студент,  
Гетьман О.Г., к.т.н., доц.,  
Мартиненко Г.С., асистент.

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», (Україна, м. Київ)*

***Анотація** – в роботі наведена інформація про можливість застосування існуючих методів для побудови лінії перетину двох кривих поверхонь. Аналізуються можливі варіанти пошуку характерних та проміжних точок цієї лінії за допомогою існуючих алгоритмів побудови та розглядається можливість вибору раціонального метода при розв'язку конкретної задачі.*

***Ключові слова** – лінія перетину, криві поверхні, посередники, характерні та проміжні точки лінії перетину, методи концентричних та ексцентричних сфер.*

**Постановка проблеми.** Пошук лінії перетину будь-яких поверхонь вимагає творчого підходу. Бувають випадки, коли одну і ту ж задачу можна розв'язати декількома методами. При знаходженні лінії перетину двох поверхонь треба звертати увагу на конкретні умови, які при цьому надаються конструктору: на яких зображеннях буде представлена ця задача, точність побудови і т. ін. Існує низка задач на визначення лінії перетину кривих поверхонь, коли такі посередники, як площини окремого положення, площини загального положення, концентричні сфери не дають можливості отримати бажаний результат. У таких випадках слід користуватися іншими методами.

**Аналіз останніх результатів.** При розв'язку задач на перетин кривих поверхонь необхідно ретельно аналізувати можливість застосування того чи іншого метода та вибрати такий з них, який дозволить отримати результат, що задовольняє усім вимогам, які будуть поставлені в кожному конкретному випадку.

**Постановка завдання.** При визначенні лінії перетину поверхонь виникає питання вибору оптимального посередника, за допомогою якого реалізується побудова.

Так наприклад, при знаходженні лінії перетину двох похилих конусів, похилих циліндрів, похилих конуса та циліндра існує можливість застосування площин-посередників окремого положення. але така

побудова не тільки дуже громіздка, але й не дає можливість отримати всі характерні точки лінії перетину та визначитися з видимістю частин лінії перетину. Тому при визначенні лінії перетину таких поверхонь у якості посередників застосовують площини загального положення. Така побудова не є простою, але вона позбавлена тих недоліків, про які наголошувалось вище.

При розв'язанні задачі на перетин двох прямих кругових циліндрів на перший погляд, найпростіший варіант – застосування у якості посередників площин окремого положення. Але при цьому для отримання результату треба побудувати три проєкції зображення поверхонь.

Побудова лінії перетину цих поверхонь наведена на рис.1. Спочатку будуємо характерні точки: найвищу  $1$  та найнижчу  $2$  та їм симетричні, а потім – достатню кількість випадкових точок. На кресленку бачимо побудову такої точки  $3$  та її симетричної, які отримуємо за допомогою горизонтальної площини-посередника окремого положення  $\Sigma(\Sigma_2)$ . Для отримання необхідної кількості випадкових точок застосовуємо низку таких площин – посередників. Така побудова може бути застосована на кресленку загального виду, якщо задані поверхні представлені необхідною кількістю зображень.

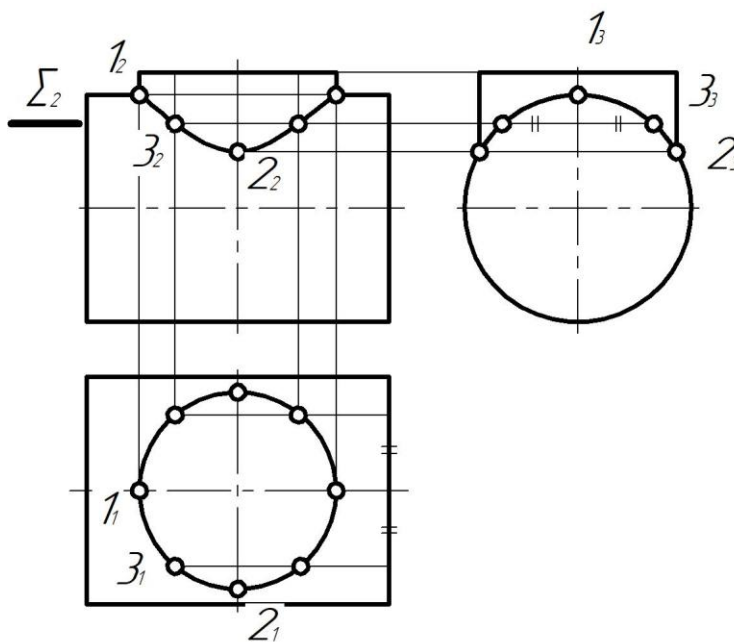


Рис. 1. Побудова лінії перетину двох прямих кругових циліндрів за допомогою площин-посередників окремого положення.

Така побудова громіздка і, найголовніше, при розв'язку таких задач, які часто зустрічаються при побудові робочих креслеників досить великої групи технічних деталей (вали, осі, штоки і т. ін.), не може бути застосованою, тому що кресленики деталей такого типу виконуються переважно в одному зображенні. Фрагмент такої деталі показаний на рис.2.

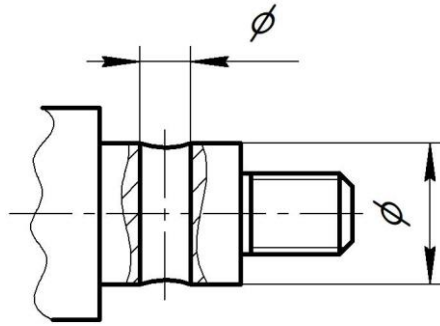


Рис.2. Фрагмент деталі з отвором.

Питання про лінію перетину двох поверхонь, які є поверхнями обертання, на одному зображенні дозволяє вирішити метод концентричних сфер [1,2]. На рис.3 показана побудова лінії перетину прямого кругового циліндра та прямого кругового конуса.

Так, надана побудова крайньої лівої точки 3 та симетричної їй крайньої правої точки, вказані  $R_{min}$  та  $R_{max}$  січних сфер, побудова найнижчих точок 1, 2 за допомогою  $R_{min}$  та побудова випадкових точок 4, 5 та їм симетричних за допомогою січної сфери радіуса, що  $R_{min} < R < R_{max}$ .

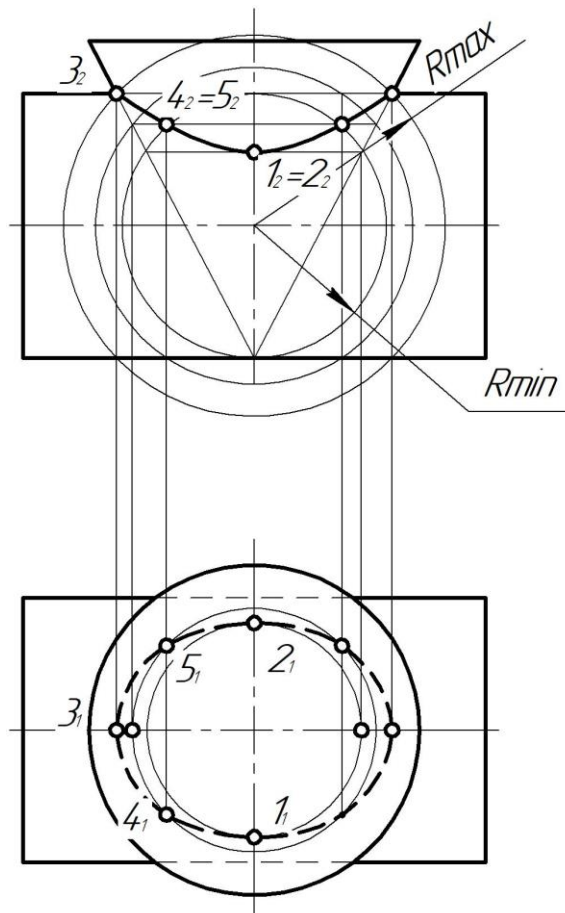


Рис.3. Побудова лінії перетину прямого кругового циліндра та прямого кругового конуса за допомогою концентричних сфер.

Існують випадки, коли задача має розв'язок методом концентричних сфер, але побудова її достатньо громіздка, не є достатньо точною і не дуже зручна.

Так, на рис.4 наведена побудова лінії перетину прямого кругового конуса та тора [3,5]. Визначені характерні точки: найвища **1** на перетині твірних обрисів поверхонь та найнижчі **2** та **3**, що знаходяться на перетині основ тора та конуса. Вказані  $R_{min}$  та  $R_{max}$  січних сфер та виконана побудова випадкових точок **4**, **5**, **6**, **7** за допомогою січних сфер-посередників радіусів, що розташовані між  $R_{min}$  та  $R_{max}$ .

Явні незручності та неточності виникають при розв'язку цієї задачі графічним методом, вручну. Крім того, для побудови випадкових точок необхідно, щоб були задані дві проекції поверхонь, що перетинаються.

Так, для побудови випадкових точок спочатку визначається фронтальна проекція лінії перетину конуса сферо-посередником на  $\Pi_2$ , потім отримане в результаті перетину конуса коло будується на  $\Pi_1$ . Ця ж сфера-посередник перетинає поверхню тора, причому проекція лінії перетину визначається на горизонтальній площині проекцій  $\Pi_1$  і вже на  $\Pi_1$  знаходяться шукані точки з лінії перетину заданих поверхонь як точки перетину отриманих ліній (кіл). Таким чином знаходяться випадкові точки лінії перетину **4**, **5**, **6**, та **7**. Шукана лінія перетину тора та конуса знаходиться шляхом з'єднання характерних та випадкових точок, після чого визначається видимість обох поверхонь.

Розглянемо розв'язок цієї задачі методом ексцентричних сфер [4, 6].

Крива перетину тора з конусом обертання почнеться в точці **1** перетину контурних твірних поверхонь на фронтальній проекції  $\Pi_2$ , а закінчиться в точках перетину кіл основи поверхонь на горизонтальній проекції  $\Pi_1$  (точки **2**, **3**). Проміжні точки знайдемо за допомогою наступного алгоритму. Через точку перетину осей тора та конуса на фронтальній площині  $\Pi_2$  проведено чотири фронтально-проекціюючі площини, які перетнуть тор за колами. З центрів кіл проведемо перпендикуляри до них, які продовжимо до перетину з віссю конуса. Ці перпендикуляри є осями миттєвих циліндрів.

Через знайдені чотири центри  $O'$ ,  $O''$ ,  $O'''$  та  $O''''$  проведено сферичні поверхні, які перетнуть конус відповідно по горизонтальних колах. Перетин двох відповідних кіл дасть шукані точки – **4**, **5**, **6**, **7** та **8**. Оскільки поверхні мають профільну площину симетрії, праву гілку лінії перетину будуюмо симетрично лівій. На  $\Pi_1$  проекції лінії перетину поверхонь конуса та тора будуюмо за умови належності кожної точки лінії перетину відповідному колу - паралелі конуса, якій належить шукана точка.

Цей метод розв'язку задачі зручніший за попередній: він більш компактний не потребує побудови на двох площинах проекцій, якщо це спеціально не обумовлено.

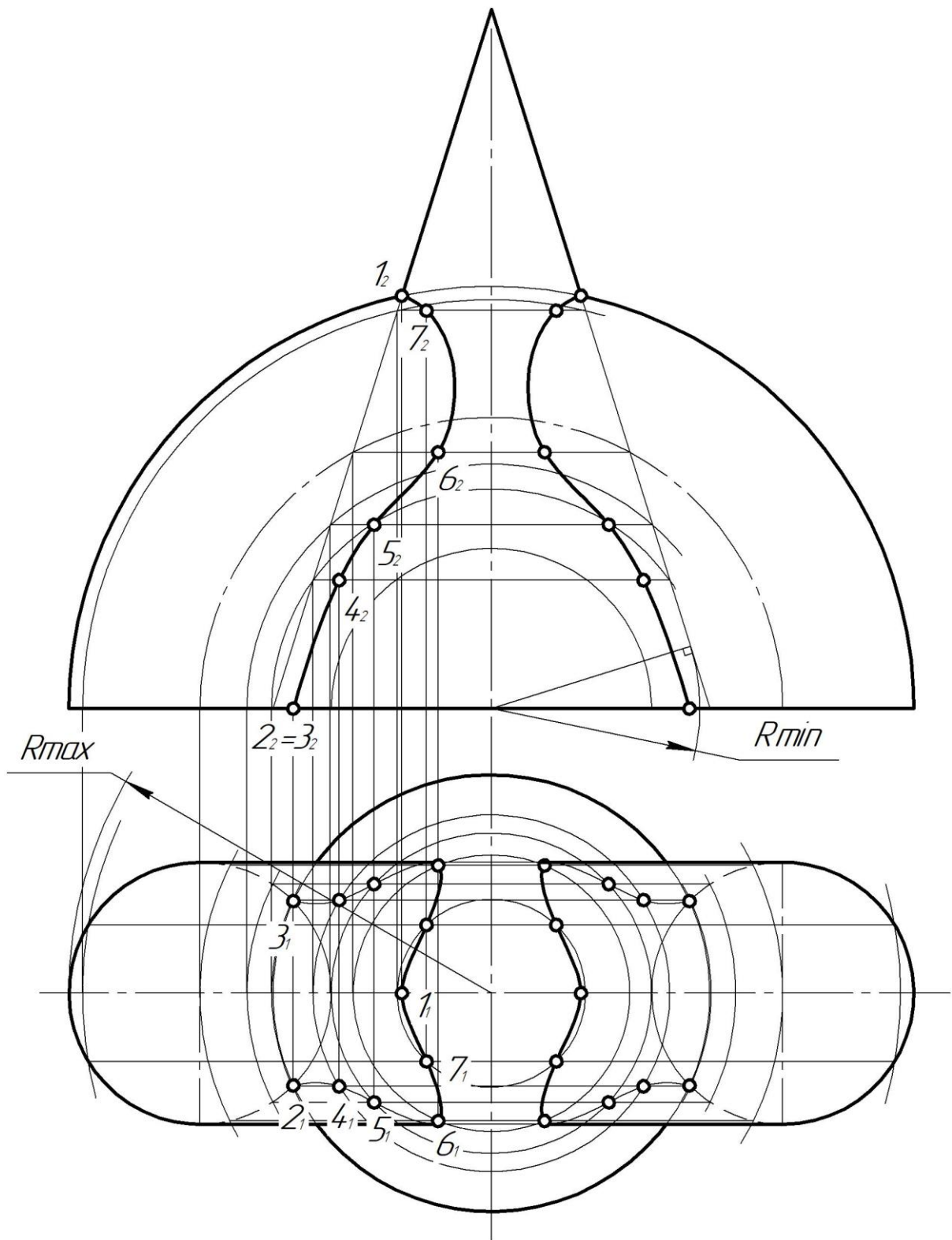


Рис.4. Побудова лінії перетину прямого кругового конуса з тором методом концентричних сфер.



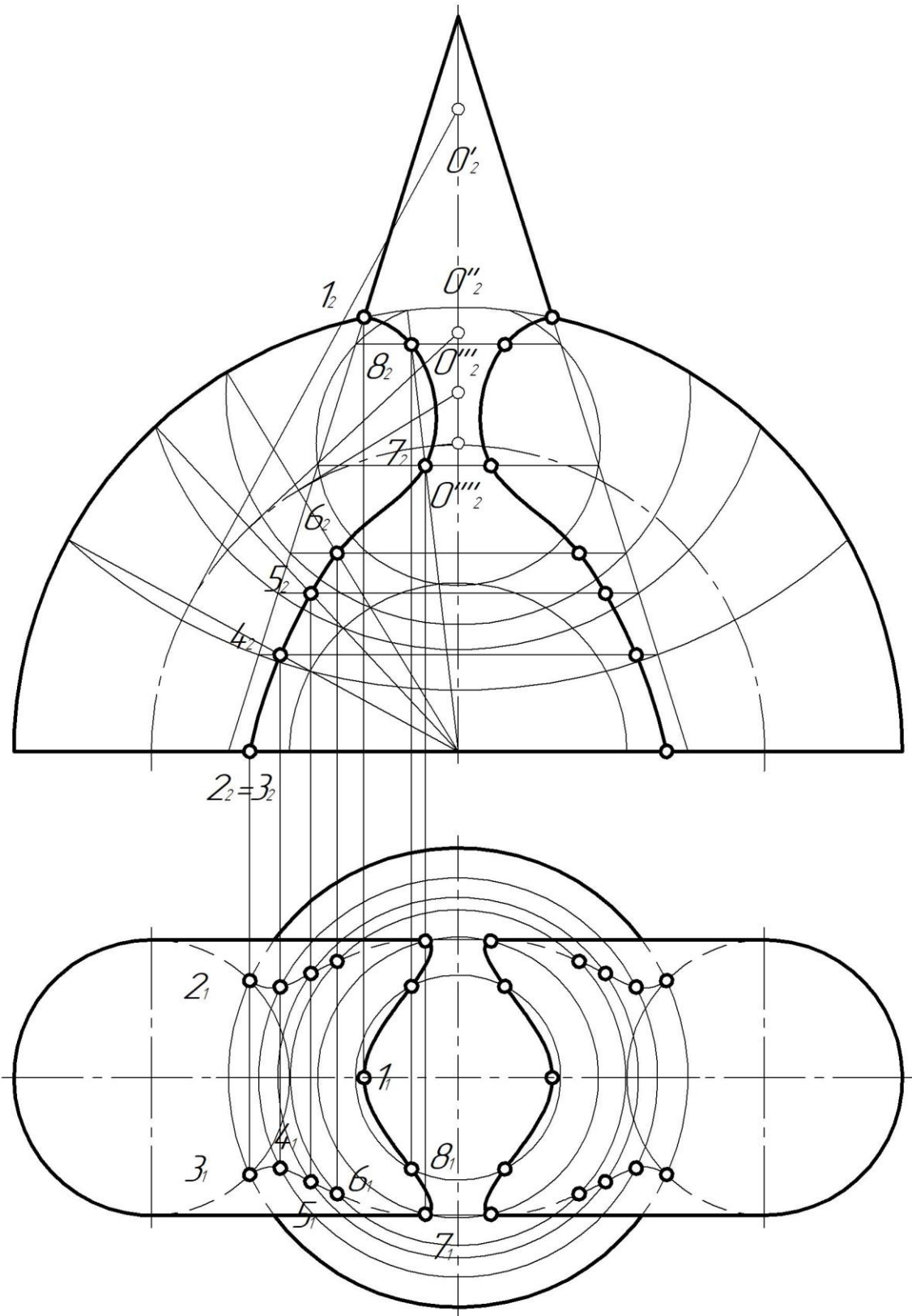


Рис.5. Побудова лінії перетину прямого кругового конуса з тором методом ексцентричних сфер.

**Висновки.** При побудові лінії перетину поверхонь обертання треба ретельно підходити до вибору посередників, за допомогою яких будується ця лінія. Аналіз можливості застосування того чи іншого метода дозволить вибрати такий із них, який надасть можливість отримати результат, що задовільнить вимогам, які будуть поставлені в кожному конкретному випадку. Від його правильного вибору залежить не тільки точність, але й раціональність побудови.

### *Бібліографічний список*

1. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка.- К.: Видавнича група ВНУ, 2009 – 400с.
2. Фролов С.А. Начертательная геометрия. – М.: Машиностроение, 1983, - 240 с.
3. Ванін В.В., Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Міхлевська Н.В. Нарисна геометрія та інженерна графіка. Навчальні завдання для проєктованого навчання. Навчальний підручник для студентів немеханічних спеціальностей. – К.: НТУУ «КПІ», 2020.-69с.
4. Грітчина К.С., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Про вибір раціонального метода побудови лінії перетину двох поверхонь другого порядку. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.
5. Ятченко М.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Визначення лінії перетину поверхонь за допомогою циліндричних та конічних посередників. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2017 р. с.68-71.
6. Данилов В.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Побудова лінії перетину деяких поверхонь методом ексцентричних сфер. - / Збірник доповідей ІХ-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. – К: ДІА, 2020 р. с. 98-101.

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «КОМПАС» ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТВЕРДОТІЛЬНИХ СКЛАДАННИХ ОДИНИЦЬ

Євтушок В.А., студент,  
Сухенко В.К., студент,  
Білицька Н.В., к.т.н., доц.,  
Мартиненко Г.С., асистент.

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – для побудови тривимірної моделі складанної одиниці із моделей окремих деталей та подальшого напівавтоматичного створення необхідної конструкторської документації зручно використовувати засоби системи автоматизованого проектування «КОМПАС 3D»*

***Ключові слова** – система автоматизованого проектування, тривимірне твердотільне моделювання, модель, ескіз, операція, спряження, елементарний об'єм, складальний кресленик, робочі кресленики деталей.*

**Постановка проблеми.** Використання систем автоматизованого проектування дозволяє навчитися студентам швидше та якісніше виконувати графічну обробку конструкторської документації, що є особливо актуальним у час дистанційного навчання. САПР КОМПАС 3D надає широкий спектр інструментів для створення складанних одиниць та відповідну конструкторську документацію у напівавтоматичному режимі .

**Аналіз останніх результатів.** Сучасний студент технічної спеціальності повинен володіти навичками роботи із графічною інформацією, креслениками та супровідною конструкторською документацією. У режимі дистанційного навчання стає викликом передати практичні знання від викладача до студента без використання систем автоматизованого проектування. Геометричні моделі виробів [1, 2] є більш наглядним способом уявлення оригіналу та більше зручним інструментом для розв'язку геометричних задач. Часу для закріплення отриманих навичок та виконання складних просторових моделей за планами робочих навчальних програм недостатньо. Тому для найбільш здібних та бажаючих навчатися студентів доцільно на додаткових заняттях у гуртках з комп'ютерної графіки розглядати процес створення твердотільних моделей складанних одиниць [3].

**Постановка завдання.** Для створення твердотільної моделі складанної одиниці слід розробити моделі деталей, які входять до виробу,

а потім з'єднати їх в єдиний механізм. Цей алгоритм створення має назву «знизу догори». При цьому бібліотека стандартних виробів дозволяє використати готові кріпильні вироби, пружини, арматуру безпосередньо в режимі створення складаної одиниці. Також прості деталі, наприклад, прокладки, можна створювати не в окремому файлі, а відразу у моделі виробу.

Для демонстрації цих можливостей студентами були обрані складанні одиниці «Тяга» та «Заглушка», одна з яких складається з трьох деталей, та болтового з'єднання, а інша – з трьох деталей та двох прокладок. Необхідно було створити тривимірні моделі деталей, їх робочі кресленики, тривимірну модель складаної одиниці, її складальний кресленик та специфікацію до нього.

**Основна частина.** У системі КОМПАС твердотільною моделлю геометричного об'єкта вважається сукупність даних, які однозначно задають його форму та розміри. При побудові деталі двовимірне моделювання дозволяє створювати ескізи, просторові криві та точки, з яких за допомогою формотворчих операцій утворюються елементарні об'єми – поверхні та тіла. Такими формоутворюючими операціями є видавлювання, обертання, переміщення по траєкторії та по перерізам. Тривимірні твердотільні моделі використовуються для наочного зображення деталі. У даній роботі вони формуються з елементарних об'ємів шляхом накладання на них відповідних логічних операцій додавання, віднімання, перетину. Деталі, створені таким чином для кожної складальної одиниці, представлені на рис. 1 та 2.

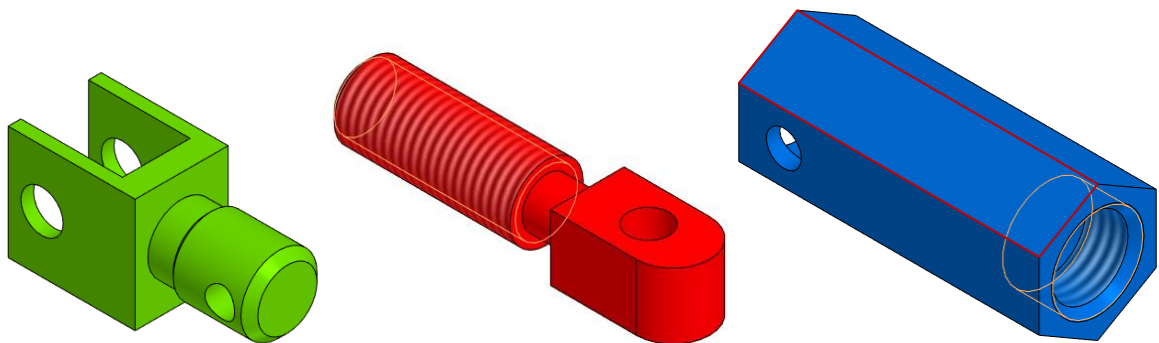


Рис. 1. Моделі вилки, втулки та корпусу

Для спрощення та прискорення розробки креслеників та складаних одиниць, в складі яких є типові стандартні деталі (пружини, підшипники, нарізеві отвори і т.п.), передбачене використання застосунків – готових параметричних бібліотек [4].

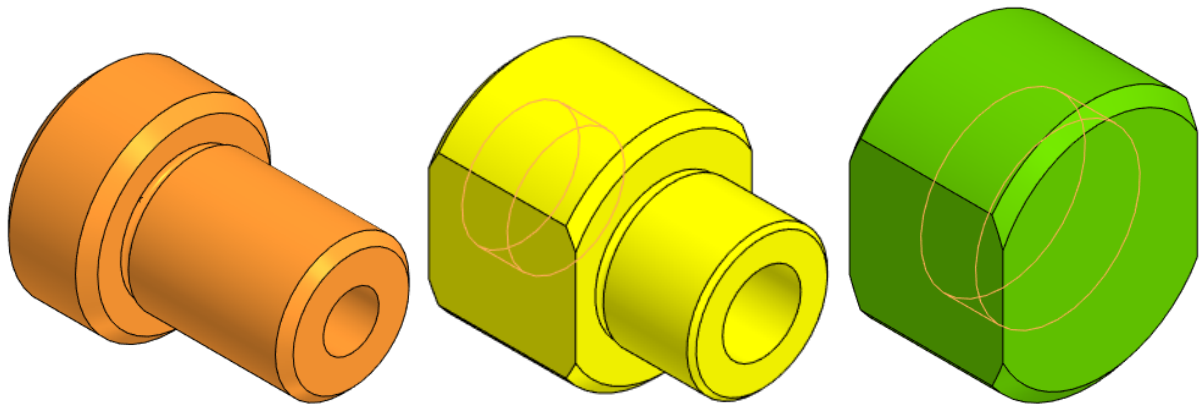


Рис. 2. Моделі вилки, втулки та корпусу

Для розробки просторових моделей складаних одиниць створюються документи типу *«Сборка»*. Зазвичай у якості першого обирають той компонент складанної одиниці, до якого найзручніше буде додавати решту компонентів. І часто цей процес повторює реальні операції складання. Зручно суміщати перший компонент із початком координат складанної одиниці, тоді початок координат, напрям осей та системні площини компонента будуть суміщені з аналогічними елементами складанної одиниці.

Накладання параметричних зв'язків між гранями, ребрами, вершинами, площинами чи осями різних компонентів складанної одиниці називається операцією спряження. Процес спряження можна запустити безпосередньо у процесі додавання компонентів ще до завершення операції вставки. Параметричні зв'язки можна накладати за наступними характеристиками: паралельність, перпендикулярність, на відстані, під кутом, дотик, співвісність, співпадиння об'єктів, симетрія, залежне положення. Спряження, які були накладені для компонентів вихідних збірок, показані на рис. 3 та 4.

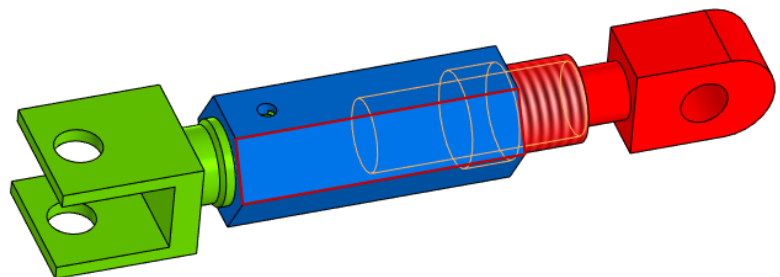
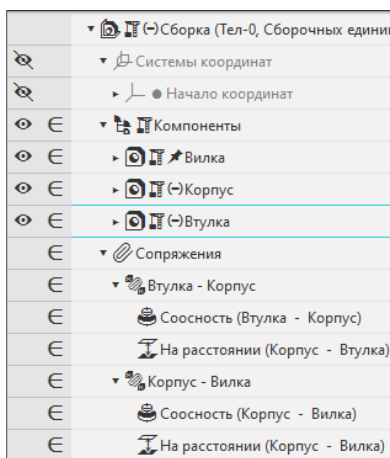


Рис. 3. Спряження для тяги.

▼	Сборка (Тел-0, Сборочных единиц-0)
▼	Системы координат
▶	Начало координат
▶	Элементы оформления
▼	Компоненты
▶	TK01.070409.001 Втулка
▶	(-)TK01.070409.001 Гайка
▶	(-)TK01.070409.001 Штуцер
▼	Сопряжения
☺	Соосность (TK01.070409.001 Гайка -
☺	Соосность (TK01.070409.001 Втулка

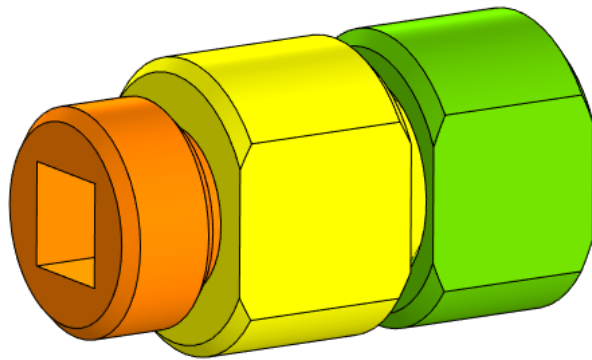


Рис. 4. Спряження для заглушки.

Кріпильні вироби для тяги і прокладки для заглушки конструювалися одразу у відповідних файлах моделей. До тяги додали болтове кріпильне з'єднання, яке складається із болта, шайби та гайки. Ці кріпильні вироби є параметричними моделями у застосунку «Стандартні вироби». Поетапне додавання гайки та накладання спряжень показано на рис. 5 та рис. 6.

Назив	Значення	Зображення	Модель
Обозначение	Гайка М6-М ГОСТ 9145-70		
Код изделия	<Код не задан>		
Диаметр условной окружности	11,400000000		
Высота гайки	5,2		
Обозначение стандарта	ГОСТ 9145-70		
Изводитель			
Масса	0,002875		
Типоразмер	М6-М		
Код ОКП	128300		
Вид изделия	Гайка		
Раздел спецификации	Стандартные изделия		

Рис. 5. Додавання гайки із «Стандартних виробів».

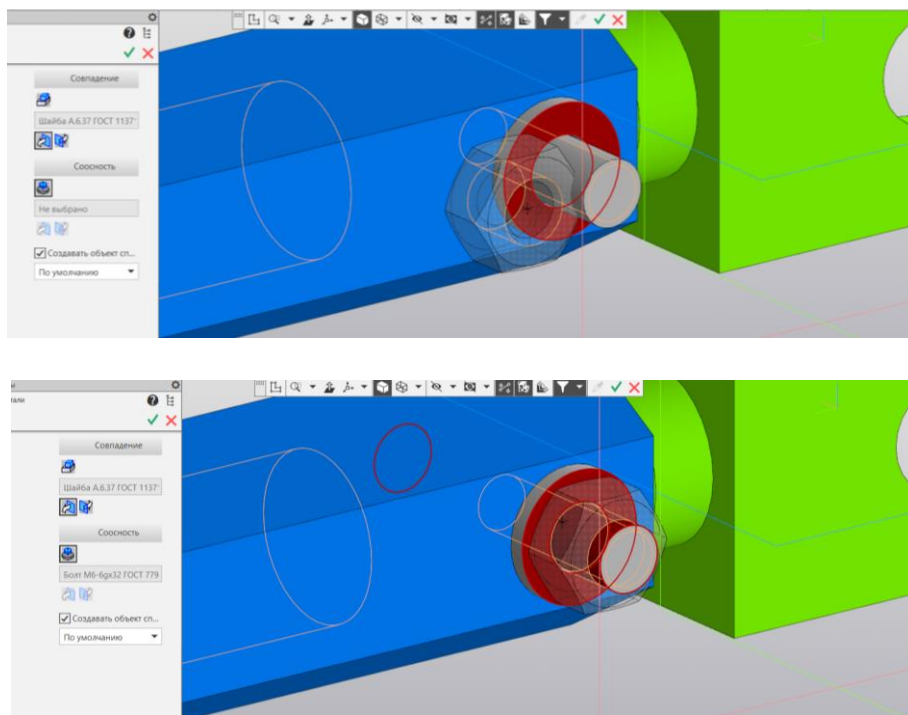


Рис. 6. Вставка гайки у модель та налаштування спряжень.

Модель тяги наведена на рис. 7. На основі цієї моделі напівавтоматично отримано складальний кресленик, представлений на рис. 8.

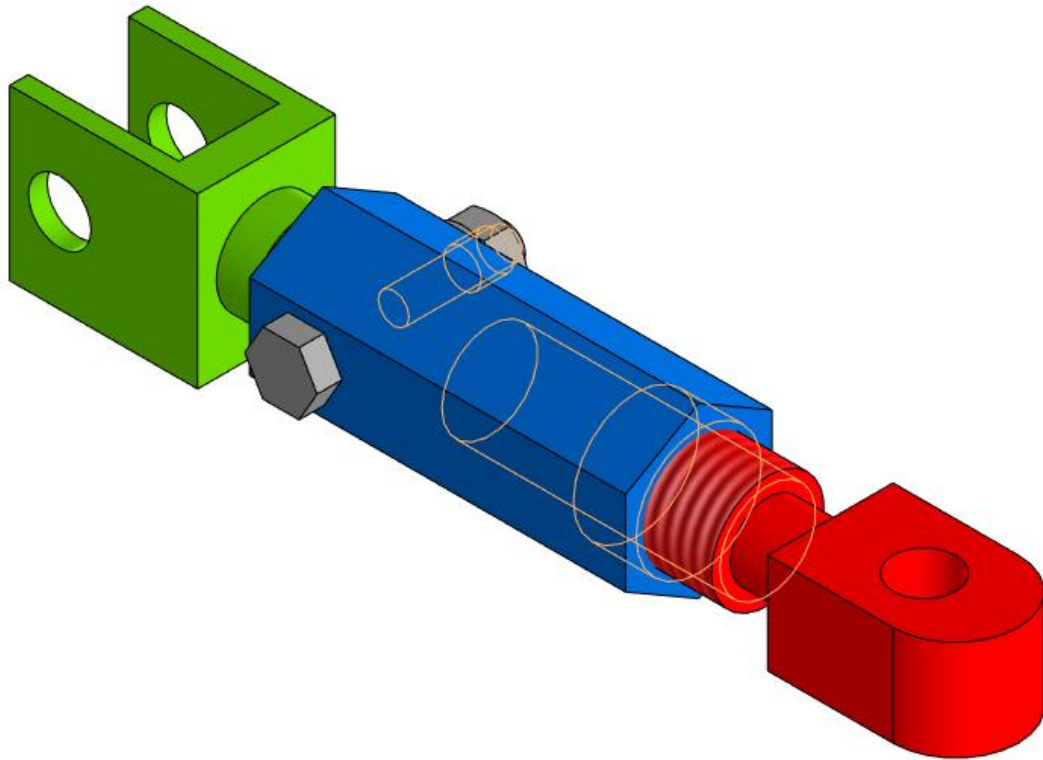


Рис. 7. Модель тяги.

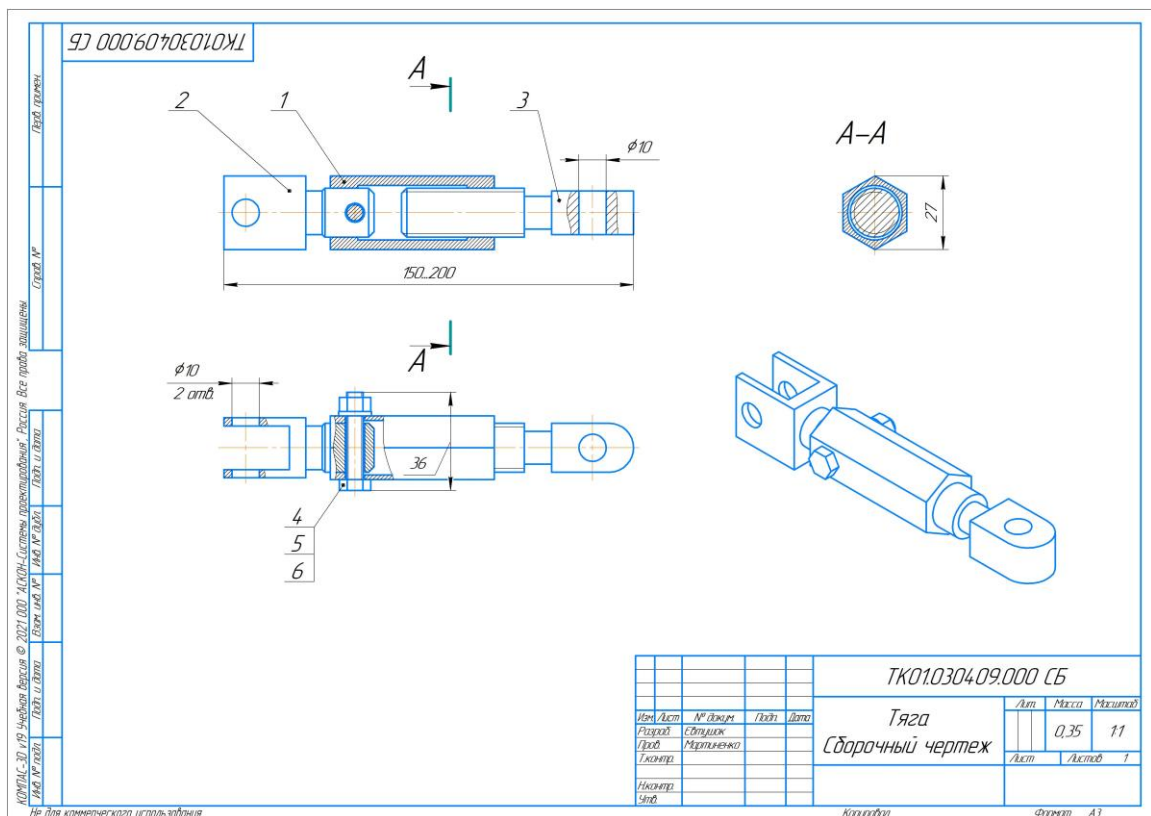


Рис. 8. Складальний кресленик тяги.

Для моделі заглушки були створені дві прокладки між деталями у процесі збирання за допомогою команди «Створити деталь» на панелі «Компоненти». На рис. 9 показано створення однієї з прокладок безпосередньо у моделі виробу.

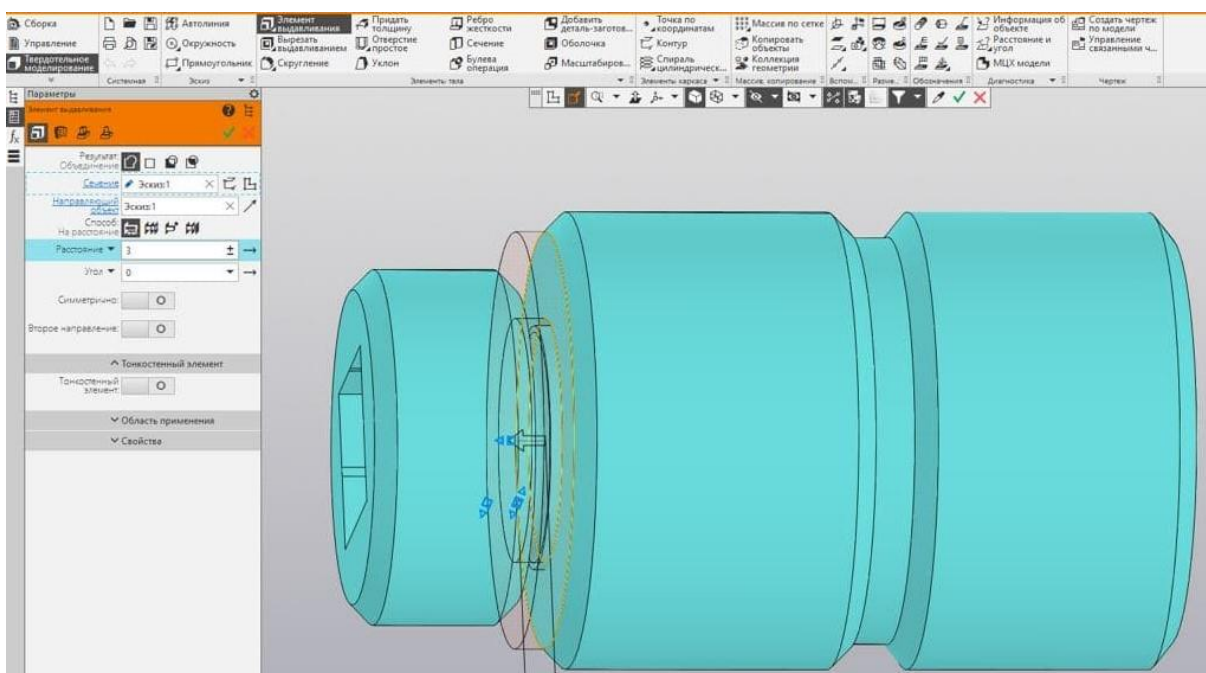


Рис. 9. Створення прокладки для заглушки.

Зображення моделі та складального кресленика для заглушки показані на рис. 10 та рис. 11, відповідно.

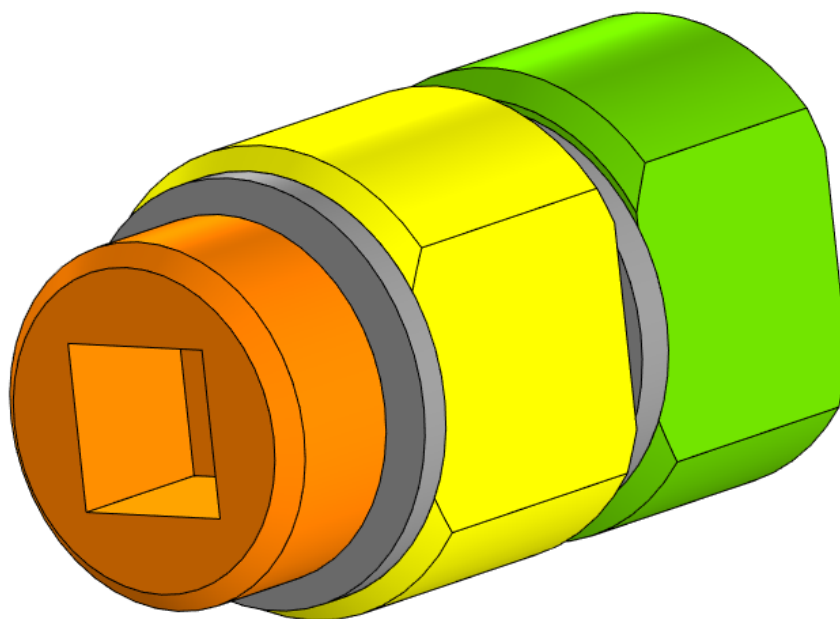


Рис. 10. Модель заглушки.



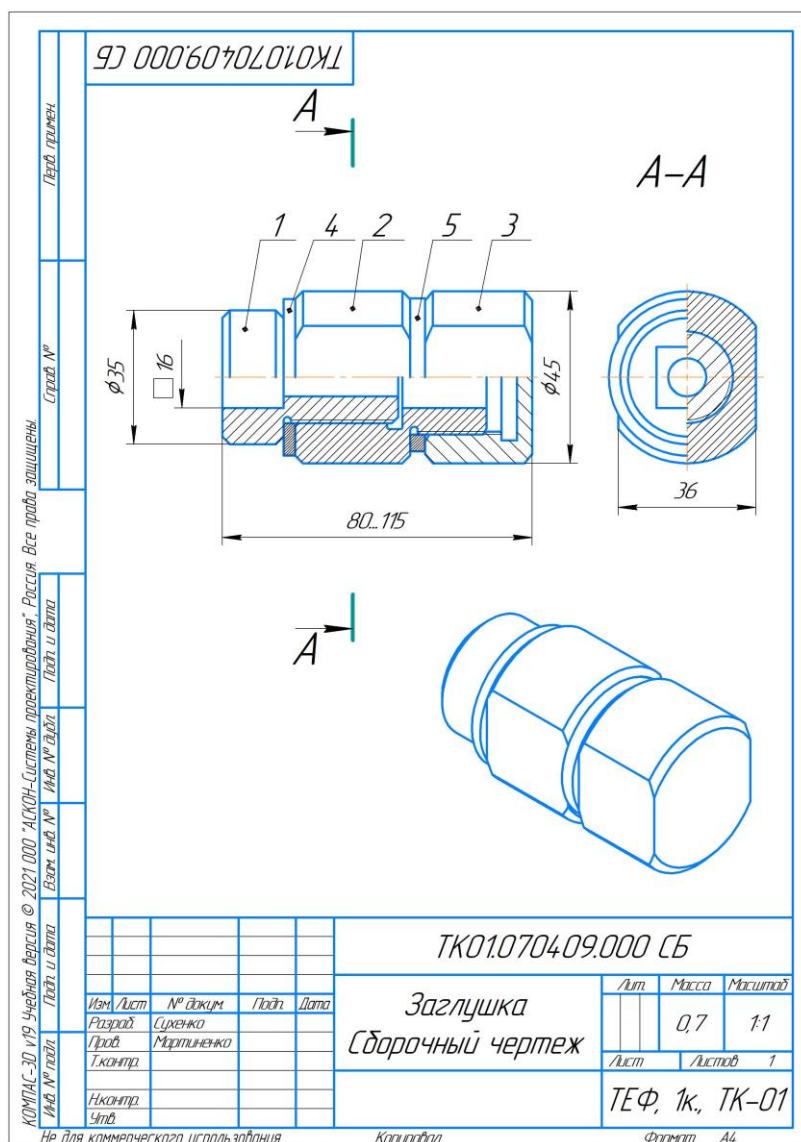


Рис. 11. Складальний кресленник заглушки.

Зображення виробу з'являються автоматично при вставці стандартних видів в кресленник. При цьому можна обрати які саме види потрібно відобразити та налаштувати їхні параметри. Наступним кроком є виконання корисних розрізів, які допоможуть розкрити внутрішню конструкцію складаних одиниць. Для цього у системі КОМПАС передбачено автоматичне створення місцевих розрізів на основі моделі складаної одиниці.

На кресленниках показані розрізи у поєднанні з видами там, де це необхідно, нанесені необхідні розміри та проставлені номери позицій, які генеруються системою в порядку зростання. Номер позицій КОМПАС дозволяє автоматично вирівнювати по горизонталі чи вертикалі.

Для більшої наочності складальний кресленник був доповнений аксонометричним зображенням складаної одиниці, яке теж автоматично створюється системою.

Файл з моделями виробів містить у собі інформацію про складені компоненти виробу для подальшого використання при складанні необхідної конструкторської документації, наприклад, специфікації. Для цього виділяють в дереві моделі деталь та заносять її дані в окремому вікні, що підпорядковане режиму специфікації, а потім до файлу моделі складанної одиниці підключають файл специфікації. Вся зібрана інформація про компоненти автоматично передається у специфікацію.

Таким чином, у системі «КОМПАС-3D» існує можливість проектування виробів у неперервному процесі від його складових до готових приладів, з використанням різних режимів створення деталей та відповідних бібліотек, а також створенням необхідної документації у напівавтоматичному режимі.

**Висновки.** Виконання таких робіт зі студентами розширює їх можливості в проектуванні, виготовлення технічної документації та розвиває здібності до творчого пошуку, тобто готує їх для вирішення неординарних задач в наступній професійній діяльності.

### *Бібліографічний список*

1. **Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Ветохін В.І., Злобіна В.С.** «Інформаційні технології-2. Автоматизація розробки конструкторської документації в системі КОМПАС-3D». [Електронний ресурс] Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету для всіх форм навчання.; Назва органу сертифікації: Методична рада НТУУ "КПІ"; № сертифікату НМУ №11/12-111; дата 19.01.2012 .

2. **Сторчак Н.А., Гегучадзе В.І., Синьков А.В.** «Моделювання тривимірних об'єктів у середовищі КОМПАС-3D». [Електронний ресурс] Навчальний посібник; ВолгГТУ. – Волгоград, 2006. – 216 с.

3. **І.В Івчук, Н.В. Білицька, Г.С. Мартиненко** Застосування системи «КОМПАС» для створення твердотільної моделі складальної одиниці. Матеріали 6-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Київ: ДІЯ, 2017. Вип.6. С. 290-294.

4. Азбука КОМПАС-3 D [Електронний ресурс] 487 с.

## A BRIEF LOOK ON THE AMBIGUOUS DESCRIPTIVE GEOMETRY

Putiatin R.O., student

Yurchuk V.P., doctor of physical and mathematical sciences.

*National Technical University of Ukraine*

*“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv, Ukraine).*

**Annotation.** *This paper introduces the idea of analyzing weak and strong ambiguous parallel projections (see definitions in the main part) as they appear in descriptive geometry. As long as this topic is new, basic terminology is introduced. Some special cases of ambiguity for two projections are presented and solved in a subset of all possible solutions using tools and requirements of descriptive geometry. Two kinds of shape transformations without affecting the projections are given.*

**Key words** – *image ambiguity, superpositiability, smooth surfaces, polygonal surfaces, descriptive geometry.*

**Formulation of the problem.** Unambiguity is the main constraint of images used in technics. It gives the guarantee that an object made using unambiguous blueprints will have expected form and size. [1] In applications, however, it's not always possible to get an unambiguous set of images, so that the most general and common types of image ambiguity must be analyzed with further resolving them into an unambiguous set of objects.

**Analyzing last researches.** The conclusion of large amount of works on solving ambiguity of central projections with many points of view is given in [2]. The author of [3] analyses ambiguities of face reconstruction from one image. In [4] many ambiguities and illusions are created using a CAD system. Results of those papers are obtained considering perspective accurately. This paper both neglects perspective and takes invisible edges into account.

**Goals formulation.** The aim of present paper is both analyzing possible ways of creating illusions in descriptive geometry and their solvation in some partial cases. Consequently, unlike mentioned papers, this one neglects perspective and illumination peculiarities at all and focuses on position of points and lines respectively to each other. It introduces necessary terminology.

**Main part.** Definition (“def.” below). Two shapes are *isoprojective*, if exists at least one such spatial position of each one, that two corresponding projections of both shapes are the same. We’ll name such shapes *ij-isoprojective* if mentioned projections lays in  $\Pi_i$  and  $\Pi_j$ .

Parameters defining the difference between isoprojective shapes are form and spatial position.

Def. *Frontal extreme (horizontal, profile) curve* (or surface) of a shape A is a subset of A’s points, projections of those form an outline of the A’s on the frontal (horizontal, profile) projection plane. Point belonging to extreme curve (surface) is an extreme point.

Def. The aggregate of all extreme curves (surfaces) is *extreme set*; specialized for frontal (horizontal, profile) projection plane it’s *frontal extreme set (horizontal, profile)*.

Def. Two shapes are superpositiable (“SP-able” below) if  
 1) their corresponding extreme lines and surfaces are homeomorphic – *strong superpositiability* or just *superpositiability* (“SP” below) or  
 2) shapes can be continuously deformed so that resulting shapes will satisfy this constraint (*weak SP*).

We can also define frontal and other kinds of SP, e.g. frontal extreme sets satisfy requirements of SP for frontal SP.

Remark. Shapes of different dimensions may be SP-able (see example 1).

Def. Let A and B a pair of 1-2-isoprojective SP-able shapes. Their positions are *similar* if exists a pair (M, H) of a motion and a homeomorphism, superposing A’s and B’s sets of extreme points in such way that projections of A and B on  $\Pi_1$  and  $\Pi_2$  are also transformed continuously. Otherwise, positions are *significantly different*.

Def. Positions of A and B are same if (M, H) is an identity.

Consider the hierarchic diagram of isoprojective shapes’ properties on fig. 1.

Example 1. Consider fig. 2 that contains a pair of square-shaped projections on  $\Pi_1$  and  $\Pi_2$ . Then take a look at fig. 3 and 4 with possible images on  $\Pi_3$  and corresponding axonometric projections. Objects 1 – 3 are smooth surfaces: 1 and 2 have different shapes, 3 is similar to 1, but rotated through  $90^\circ$ . It’s obvious that  $b = a\sqrt{2}$ . 4 and 5 are cube and curvilinear prism respectively. The last shape is formed of two surfaces. It’s an example of strong SP of shapes of different dimensions.

Making a conclusion: all given shapes are SP-able (1 – 3 and 6 strongly), 1, 2 and 6 have same position.

Def. *Weak (strong) ambiguity* is a type of projections’ ambiguity, for which the whole set of isoprojective shapes contains only strongly SP-able ones (contains at least two non-superpositiable shapes).

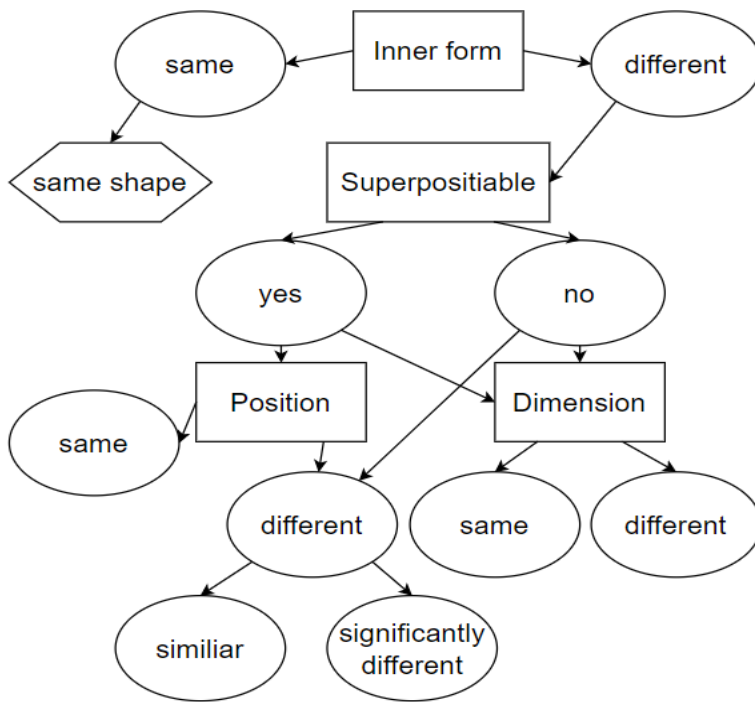


Fig.1. The hierarchy of isoprojective shapes' properties

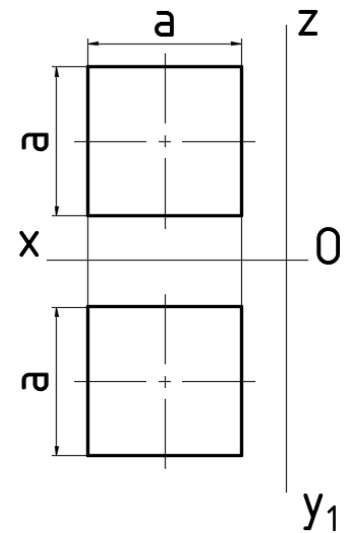


Fig. 2. Square-shaped projections on  $\Pi_1$  and  $\Pi_2$

According to given definition, a pair of squares from fig. 2 is strongly ambiguous.

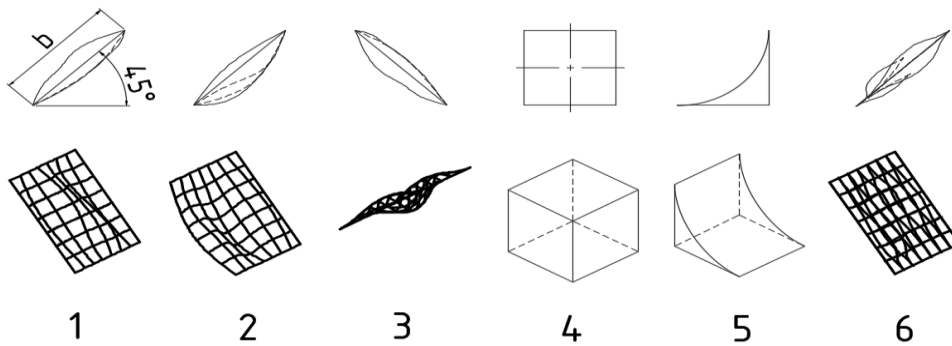


Fig. 3. Some possible shapes giving projections from fig. 2.

If original shape is a polyhedral surface numeration of its vertices has some sense. Fig. 4 shows how to differ a rectangle and a cube using literal numeration. For non-planar faces grid is a good solution. An obvious but still important is the fact of profile level planes uselessness. However, it still may be used as a coordinate grid for navigating through the surface. Shapes like 5 from fig. 3 need combining of both approaches.

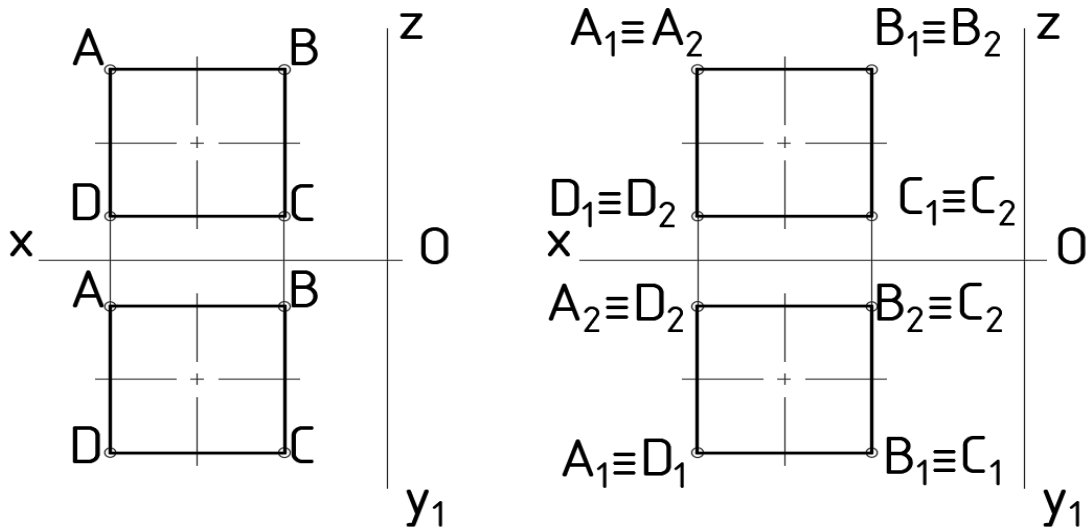


Fig. 4. Solving ambiguity for polygonal surfaces: rectangle (left) and cube (right)

Let's take a look on possible transformations which aren't altering the projections. Every point of a line, drawn on a projection plane, corresponds to a point of the shape, where projecting ray is tangent to the shape. Let surface 1 from fig. 3 be a plot of function  $z = f(x, y)$ . The consequence is that it might continually transformed considering following constraints:

$$\begin{cases} -\infty < \frac{\partial z}{\partial x} < +\infty \\ -\infty < \frac{\partial z}{\partial y} < 0 \end{cases}$$

Geometrically it means that the angle between tangent line, parallel to XOZ, and positive direction of OX must stay in bounds  $(-180^\circ; 180^\circ)$  (excluding end points). For YOZ-parallel tangent line angle with OY must vary in the interval  $(-90^\circ; 0)$ . For surface 3 the last interval turns to  $(0; 90^\circ)$ .

Each surface on fig. 3 is located inside a rectangular parallelepiped formed from projecting prisms faces (that's a cube 4). The rectangle is cut in two parts: the first in front of the surface and the second behind it (for different views this relation may be different). Including and excluding each part to the real shape doesn't affect projections on fig. 2.

Example 2. Cubes from fig. 5 are not homeomorphic: left cube is simply connected and right one is 2-connected. Non-homeomorphic faces lay in profile level plane, consequently these cubes are non-SP-able frontally and horizontally.

However, they're 1-2-isoprojective. The disambiguation for this case is numeration of vertices.

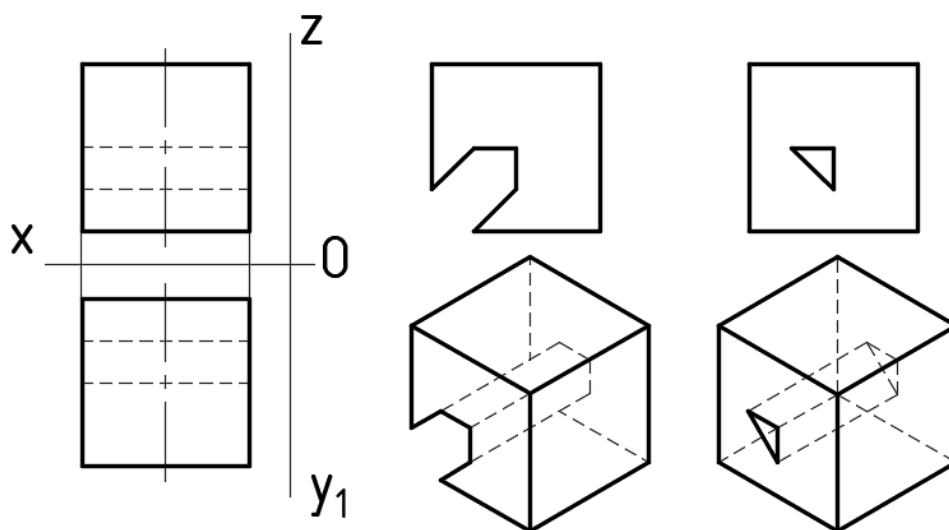


Fig. 5. Isoprojective shapes might be non-superpositible.

**Conclusion.** Replacing central projections with parallel and taking invisible edges into account generate qualitatively new sort of problems regarding ambiguity. Using rules and tools of descriptive geometry we can solve appearing cases for surfaces and polygonal bodies. We also can alter shapes in different ways keeping their projections on two planes from changing. Further researches must systematize present results, find general approaches for solving such ambiguities.

### *Bibliography*

1. Бубенников А.В. Начертательная геометрия: Учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. // Бубенников А.В. – М.: Высш. шк., 1985. – 288 с., ил.
2. S.J. Maybank. The projective geometry of ambiguous surfaces. In *Philosophical Transactions. Physical Science and Engineering*. 1990. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1990.0099>
3. Anil Bas, William A.P. Smith. What does 2D Geometric Information Really Tell Us About 3d Face Shape? In the *International Journal of Computer Vision*. 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11263-019-01197-x>
4. Ioanna Symeonidou. Anamorphic Experiences in 3D Space: Shadows, Projections and Other Optical Illusions. In *Nexus Network Journal. Architecture and Mathematics*. 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00004-016-0298-4>

## ЗЛІТАТИ В ПОВІТРЯ ЯК ПТАХ – НАЙДАВНІША МРІЯ ЛЮДИНИ

Воробйов М. студент;

Куценко Л.М., д.т.н., професор;

Юрчук В.П., д.т.н., професор.

*Національний технічний університет України  
«КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Україна, м. Київ)*

*Анотація* – аналізується в загальному виді мрія людини полетіти в повітря птахом. Для цього розглядаються перші пошуки конструкції літальних пристроїв.

*Ключові слова* – політ в небо, прототип літака, Леонардо да Вінчі, політ птахів, креслення аероплана, підйомна сила.

**Постановка проблеми.** Небо завжди манило людей та приваблювало своєю свободою та безмежжям. Не дивно, що навіть у XVI столітті вже були створені перші креслення, а потім і прототипи перших літальних апаратів.

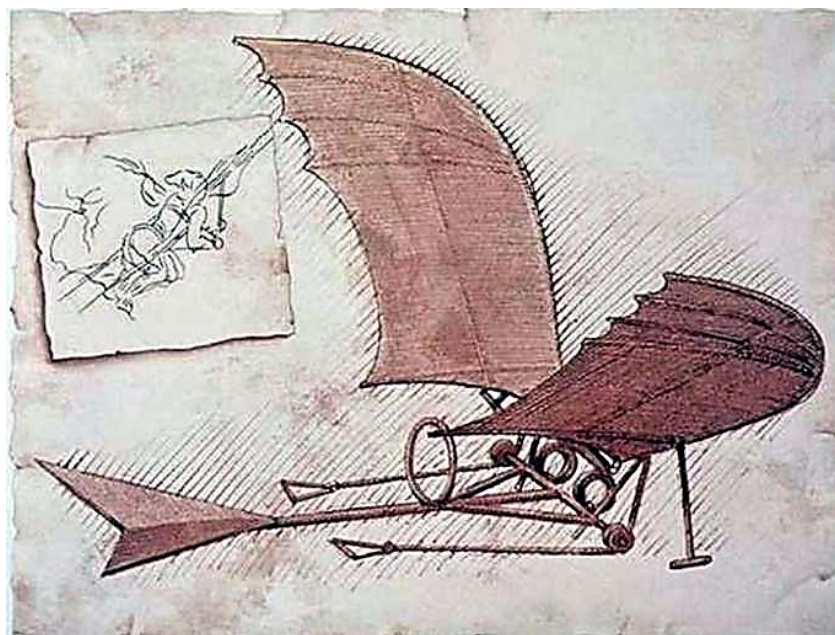


Рис.1. Принципова схема першого літального апарату Леонардо да Вінчі.

**Оновна частина.** Так, у своїй книзі «Кодекс про політ птахів» знаменитий конструктор Леонардо да Вінчі зобразив свої думки про можливий політ людини, спираючись на спостереження за польотом



птахів. На основі цих даних він створив «креслення» аероплана. На його думку, людина мала в лежачому положенні, використовуючи власні руки і ноги, керувати апаратом, тим самим створюючи підйомну силу не лише для горизонтального, але й для вертикального польоту (рис. 1 та рис. 2).

**Формулювання цілей.** Але через значну вагу, прототип так і не зміг піднятися в небо. Леонардо до кінця своїх днів намагався конструктивно покращити свій перший проект літального апарату, збудувавши свою установку легшою та більш реальною для польоту.

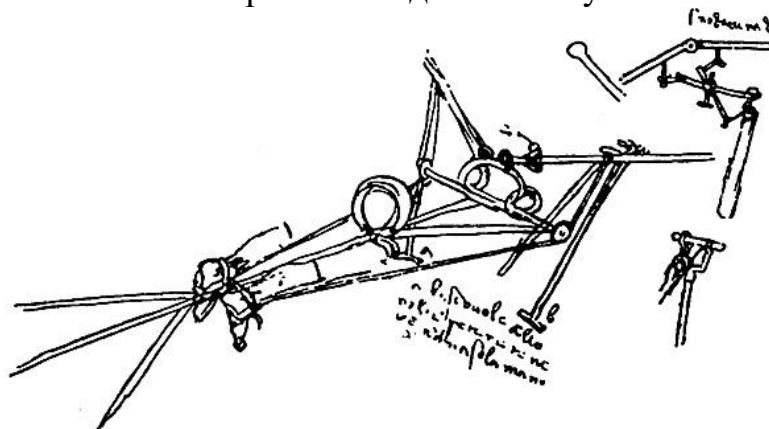


Рис.2. Перші «креслення» літального апарату Леонардо да Вінчі

У сучасному фантастичному фільмі режисера Юрія Ковальова «Сторожова застава» головний герой разом зі «старожилом» племені русичів, використовуючи, напевне інтуїтивно, за основу креслення Леонардо да Вінчі, конструює для польоту оригінальної власної моделі літальний апарат. Кульмінаційним є момент, коли даний «літак» злітає в повітря та дозволяє головному героєві фільму перелетіти значну відстань і взяти саму активну участь у захисті застави. Головним є те, що герой використовував не тільки оригінальну конструкцію, але і легкі матеріали, що дозволило здійснитись в небо та пролетіти в повітрі над заставою необхідну відстань, керуючи власними силами (рис. 3).



Рис. 3. Політ героя фільму на першому літальному апараті

**Основна частина.** Уважно проаналізувавши кадри з фільму, можна побачити правильну побудову літального апарату, який використовує натуральні природні матеріали та повторює поверхню крила птаха. Це дозволяє отримати максимальну підйомну силу (рис. 4).

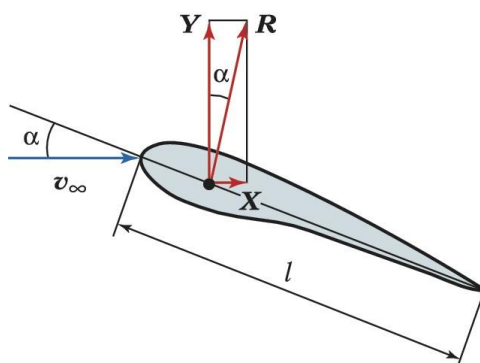


Рис. 4. Профіль крила літального апарату.

Геометричний профіль крила, як видно з рисунків 4, зверху крило має вигнуту форму, тим самим збільшуючи швидкість повітря у цій зоні в порівнянні з ділянкою під крилом. Це чітко спостерігається на формі крила птахів. А результатом є збільшення швидкості потоку повітря над крилом, результатом чого є збільшення швидкості також в цій зоні крила. А загальновідомим є те, що чим більша швидкість, тим менший тиск, що створює підйомну силу крила.

Створення даної підйомної сили, створеної геометричним профілем крила, можна розрахувати за формулою Жуковського:

$$Y = \rho v_\infty \Gamma;$$

де:  $\rho$  – густина,  $v_\infty$ - швидкість напливного потоку,  $\Gamma$  – скалярна величина, яка описує циркуляцію потоку навколо крила. Ця формула стала основою для створення літальних апаратів різних моделей, які можуть як підніматись над землею, так і вільно летіти в повітряному просторі. Тобто здійснити найдавнішу мрію людини – летіти в просторі наче птах!

### Висновки.

Так завдяки простим «законам фізики» та своїй кмітливості наші предки «сконструювали» перший літальний пристрій, на якому головний герой фільму зумів піднятися в небо і врятувати воїнів сторожової застави русичів від ворогів. А також довів, що геніальний винахідник Леонардо да Вінчі створив правильні креслення першого в історії людства апарату, завдяки якому ми навчилися тому, що було найзаповітнішою мрією наших предків – літати!

### Бібліографічний список:

1. Леонардо Кодекс про політ птахів / Леонардо да Вінчі-Флоренція, 1505
2. Ковальов Ю. кінофільм «Сторожова застава»/ Юрій Ковальов. 2017// [Електронний ресурс]. URL: <https://youtu.be/HhASPGXQUhY>
3. Тирський Г.А. Підйомна сила: навч. посібник // [Електронний ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/3150586>

## ПОБУДОВА ОБВОДІВ ЛІТАКА КРИВИМИ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Коробко І. В., д.т.н., проф.,  
Мельник О. В., технік ІАТ,  
Юрчук В.П., д.т.н., проф.,  
Якименко В. Ю., магістр ІАТ.

*Національний технічний університет України  
«КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Україна, м. Київ)*

**Анотація.** У статті розглядається питання проектування елементів конструкції авіаційної техніки з криволінійними поверхнями, обводів, що складаються з дуг кривих другого порядку, і визначення фігури перетину кривої поверхні другого порядку та побудова розгортки відсіку поверхні.

**Ключові слова.** Криволінійні поверхні, криві другого порядку, дотична, пряма Паскаля, коніки.

**Постановка проблеми.** У побудові літальних апаратів часто використовуються поверхні з кривизною другого порядку. Для полегшення конструкції створюється каркас, який обшивається тонким і легким матеріалом. Зазвичай такі матеріали погано приймають потрібну форму, тому виникає потреба в виготовленні розгорток [1].

**Формування цілей статті.** Побудувати теоретичний обвід носової частини літака кривими другого порядку, використовуючи параметри кривих другого порядку. Графічно показати побудову, яку можна задавати для всіх варіантів групи.

**Основна частина.** Для виконання даного завдання необхідно змодельовати графічно теоретичний обвід носової частини літака кривими другого порядку за наступними координатами точок його каркасу. Точки А, В, Е, F - точки дотику і О, С, D, Y – точки перетину дотичних (табл. 1), враховуючи значення дискримінанти  $f$  для кожної кривої (табл. 2). Координату Y точок Е і G визначають за побудовою, вважаючи, що точка Е належить відрізьку CD, а точка G - відрізьку DH. Зазначені координати вказаних точок обводу однакові для всіх варіантів значень.

Приклад виконаної задачі наведено на рис. 1 та 2.

Таблиця 1

Точки		0	A	B	C	E	D	G	H	F
Координати	X	0	50	0	0	55	90	105	130	170
	Y	0	0	-	70	-	85	40	140	140

Таблиця 2

Номер варіанта			1	2	3	4	5	6	7
			15	16	17	18	19	20	21
Крива	AB	F1	0,4	0,4	0,42	0,52	0,73	0,5	0,45
	BE	F2	0,4	0,5	0,4	0,6	0,45	0,7	0,4
	EG	F3	0,65	0,65	0,7	0,65	0,5	0,72	0,8
	GF	F4	0,55	0,62	0,6	0,7	0,65	0,56	0,75

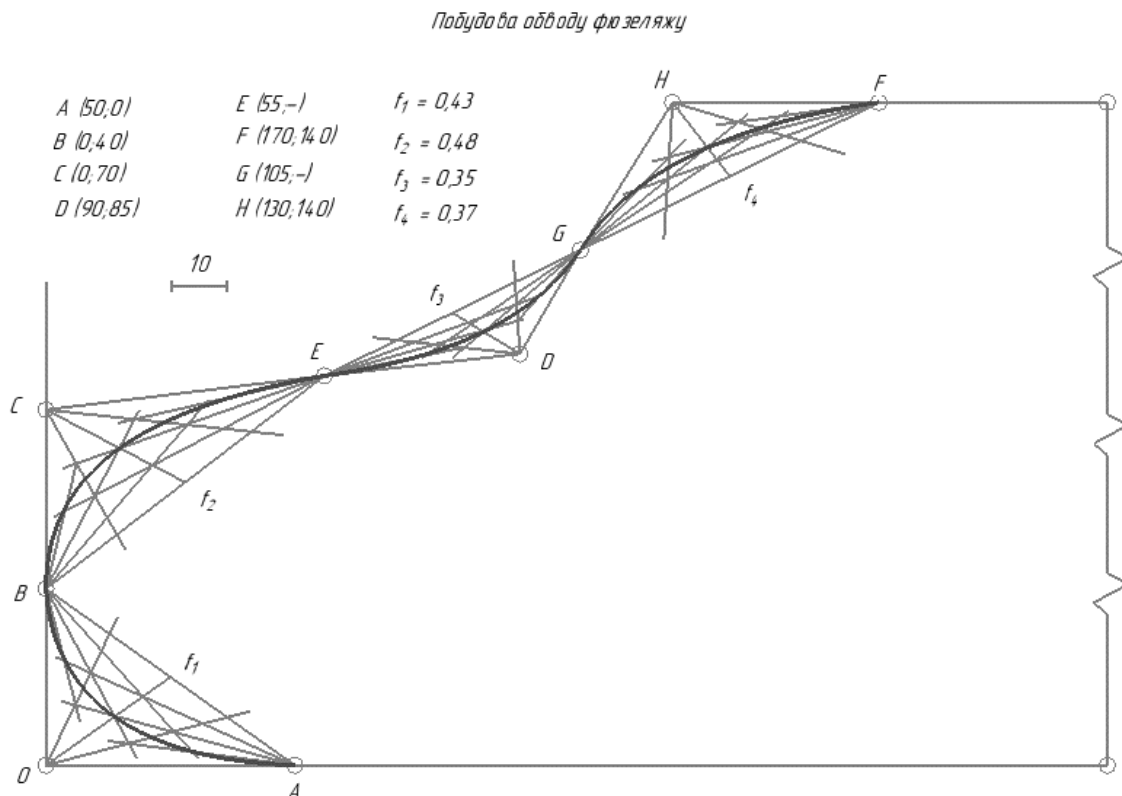


Рис. 1. Побудова обводу фюзеляжу літака

Побудову необхідно почати із визначення точок доводу. При конструюванні криволінійних форм, наприклад, обводу фюзеляжу літака необхідно провести через точки каркаса А,В, С, ... плавну криву, яка включає плоскі монотонні дуги АВ, ВС, CD, ... (рис. 2). Найчастіше це криві другого порядку, так звані коніки, які задаються такими параметрами: - двома дотичними; - точками дотику на них; - інженерними (графічними) дискримінантами (1).

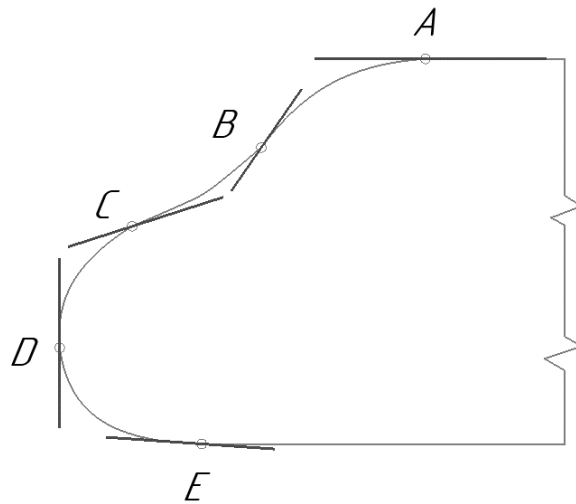


Рис. 2. Визначення початкових точок побудови.

Значення дискримінанта визначається відношенням довжини відрізків медіани  $f = RT/ST$ , трикутника, який задається точками дотику і точкою перетину дотичних (рис. 3).

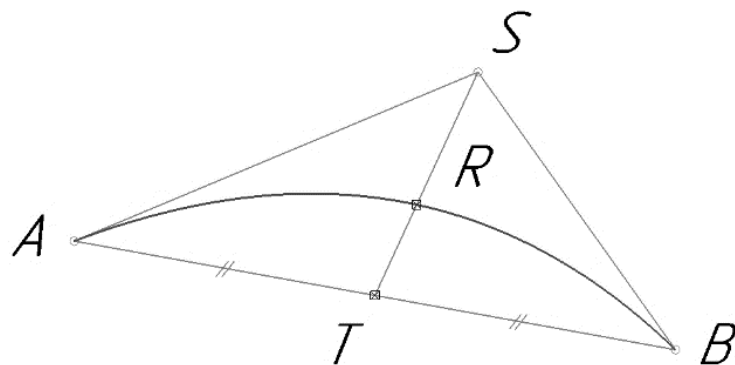


Рис. 3. Використання величини дискримінанта.

Міняючи  $f$ , змінюють форму кривої, а отже, і радіус кривизни в кожній її точці, у тому числі в точках А і В. Зазначимо, що при наступних значеннях дискримінанта будемо мати:

- $0 < f < 0,5$  маємо еліпс;
- $f = 0,5$  – буде парабола;
- $0,5 < f < 1$  – буде гіпербола.

При побудові обводу з дуг кривих другого порядку можна розраховувати параметри кривих так, щоб у вузлах обводу криві мали не лише спільну дотичну (перший порядок гладкості), але й однаковий радіус кривизни (другий порядок гладкості).

Для виконання цього завдання з побудови обводу достатньо при використанні кожної з дуг АВ, ВЕ, ..., (окрім заданих вузлових точок дотику), знайти ще три - чотири проміжні точки дотику.

Визначення проміжних точок кривої виконують за методом Паскаля [2] Цей метод дозволяє одержувати за згаданими вище параметрами будь-яку кількість точок кривої на ділянці  $ARB$ . Для цього точку  $S$  (рис. 4 а), у якій перетинаються дотичні, проводять довільний промінь 1 (пряму Паскаля).

Потім проводять прямі  $AR$  і  $BR$  до перетину в точках 2 і 3 із прямою Паскаля (рис. 4 б). Наступною операцією побудов є проведення прямих  $A3$  і  $B2$  (рис. 4 в), перетин яких дає точку  $Q$ , яка належить кривій. Надалі через знайдені точки проводять шукану криву (рис. 4 г).

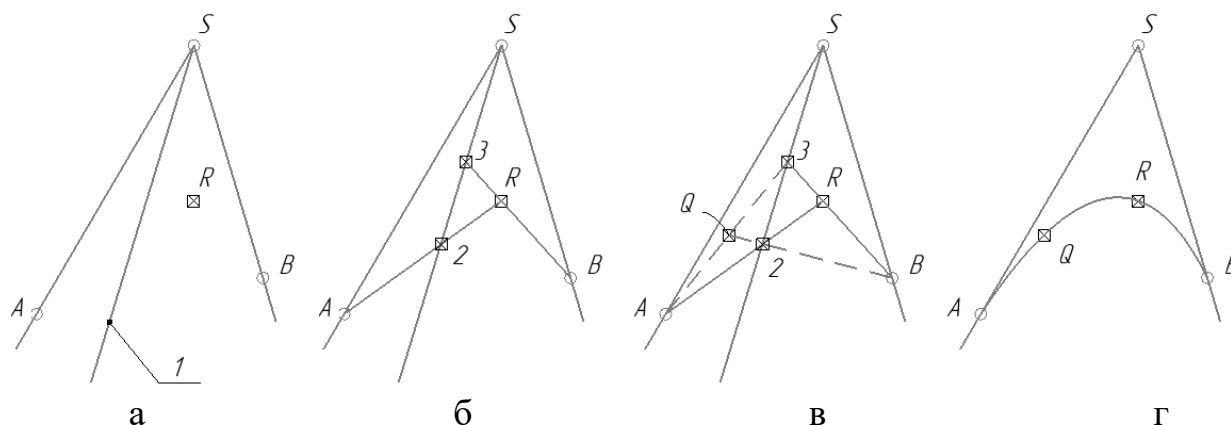


Рис. 4. Схема методики послідовної побудови методом Паскаля

**Висновок.** Таким чином при конструюванні літального апарату полегшується розрахунок і виготовлення конструкцій фюзеляжу і елементів розгортки його обшивки, що значно спрощує, пришвидшує і, відповідно, здешевлює його виготовлення.

#### *Біографічний список.*

1. Рыжов Н. Н. Параметрическая геометрия. М.: МАДИ, 1988.
2. Нарисна геометрія. В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстифеев, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко. К.: Вища шк., 204с.

## ПОБУДОВА ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ PYTHON

Авдієнко М.О., студентка ФМФ,

Яблонський П.М., к.т.н., доцент.

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

*(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – у статті розглядається використання засобів мови програмування Python для побудови зображень. Метою даної роботи є оптимізація створення графічних елементів за допомогою інструментів Python.*

***Ключові слова** – зображення, графічний інтерфейс, фреймворк, бібліотека, графік, інструменти, візуалізація.*

**Постановка проблеми.** При візуалізації виконаних математичних алгоритмів, у зв'язку з більш детальним вивченням питання чи взаємодії користувача з програмою, виникає потреба в графічному інтерфейсі.

**Формулювання цілей.** В даній статті продемонстровано можливості застосування різних інструментів мови програмування Python для побудови зображень, зокрема графічного інтерфейсу користувача, а також графіків на площині і у просторі.

**Основна частина.** Зараз майже всі програми, які створюються для кінцевого користувача, мають GUI (графічний інтерфейс користувача), навіть при побудові графіків необхідно створювати набір засобів для взаємодії людини і комп'ютерної програми.

Розглянемо декілька інструментів, за допомогою яких створюються зображення, зокрема графіки.

Для створення, наприклад, графіку на площині або таких елементів як вікно, кнопка, текстове поле, скролер, список та інших доцільно використовувати бібліотеку Tkinter.

Tkinter – фреймворк, який вбудований у стандартну бібліотеку Python, до того ж він є багатоплатформовим, тобто може працювати і у Windows, і у macOS, і у Linux. Візуальні аспекти відображаються з використанням власних елементів операційної системи, тому додатки, створені за допомогою цієї бібліотеки, виглядають так, ніби вони належать тій платформі, на якій вони знаходяться. Ця бібліотека «легка» і відносно проста у використанні порівняно з іншими фреймворками. Це робить її

гарним вибором для створення додатків, у яких головним пріоритетом є функціональність і міжплатформовість [1].

Далі наведемо деякі приклади використання Tkinter.

На рис. 1 зображено кнопку створену з використанням бібліотеки Tkinter.

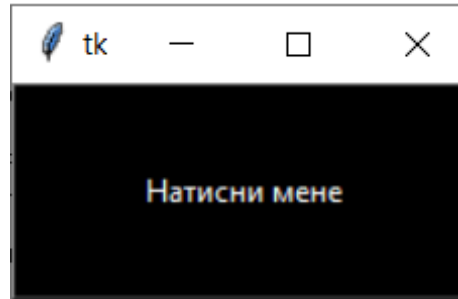


Рис.1. Зображення кнопки

Далі наведено лістинг програми:

```
import tkinter as tk
button = tk.Button(
    text='Натисни мене',
    width=25,
    height=5,
    bg="black",
    fg="white",
)
button.pack()
```

На рис. 2 приклад побудови графіка з використанням бібліотеки Tkinter.

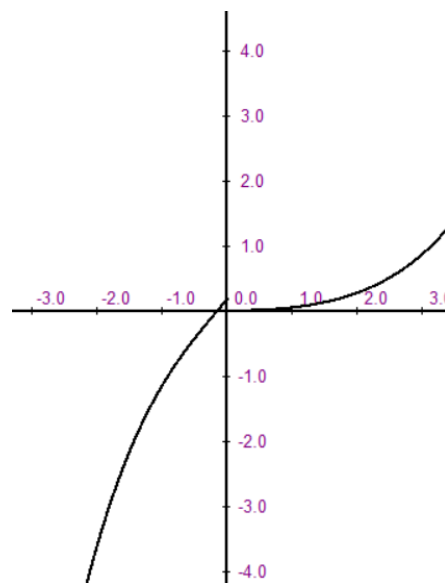


Рис.2. Графік на площині

Далі наведено частину лістингу програми:



try:

```
x = First_x + (1 / 16) * i
new_f = f.replace('x', str(x/scale))
y = -eval('(' + new_f + ') * scale') + 500
x += 500
holland.create_oval(x, y, x + 1, y + 1, fill = 'black')
```

При побудові 3D графіка більш доцільно використовувати бібліотеку Matplotlib. Варто зазначити, що за допомогою цієї бібліотеки також можна будувати й двовимірні графіки.

За допомогою Matplotlib можна будувати наступні види графіків: лінійний, точковий, каркасну і стандартну поверхні. [2]

Matplotlib містить кілька різних інтерфейсів і може взаємодіяти з великою кількістю бекендів.

Зображення на рис.3 – приклад каркасної поверхні, побудованої за допомогою бібліотеки Matplotlib.

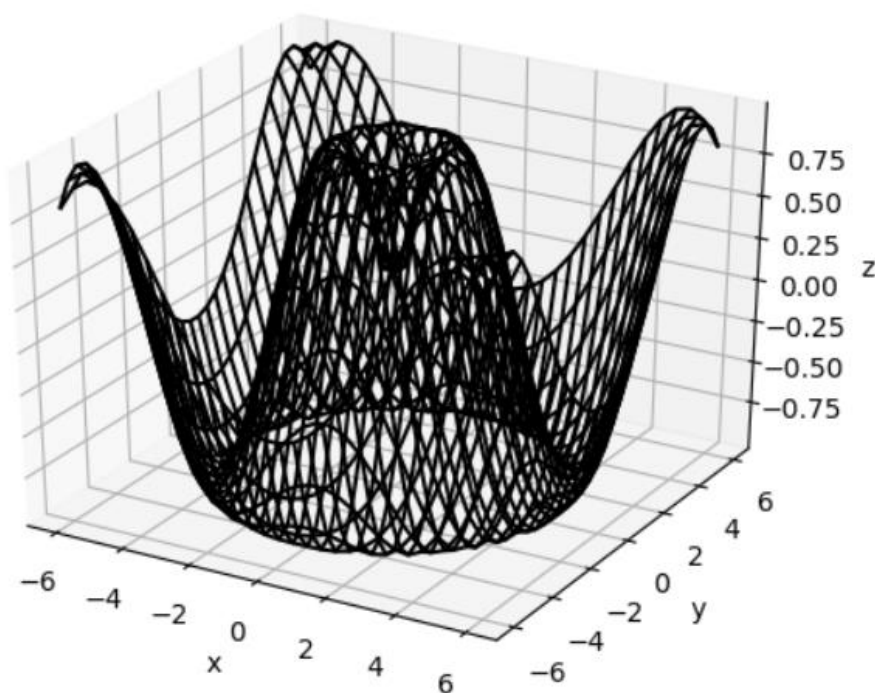


Рис.3. Приклад просторового зображення

Далі наведено лістинг програми:

```
from mpl_toolkits import mplot3d
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
def z_function(x, y):
    return np.sin(np.sqrt(x ** 2 + y ** 2))
```

```

x = np.linspace(-6, 6, 30)
y = np.linspace(-6, 6, 30)
X, Y = np.meshgrid(x, y)
Z = z_function(X, Y)
fig = plt.figure()
ax = plt.axes(projection="3d")
ax.plot_wireframe(X, Y, Z, color='black')
ax.set_xlabel('x')
ax.set_ylabel('y')
ax.set_zlabel('z')
plt.show()

```

При побудові зображень, особливо рекурсивних або самоподібних фігур, варто використовувати модуль Turtle. Він надає примітиви «черепашачої» графіки, як об'єктно-орієнтованими, так і процедурно-орієнтованими способами.

Зображення на рис. 4 – фрактал «Дерево Піфагора, що обдувається вітром» отримане за допомогою модуля Turtle.

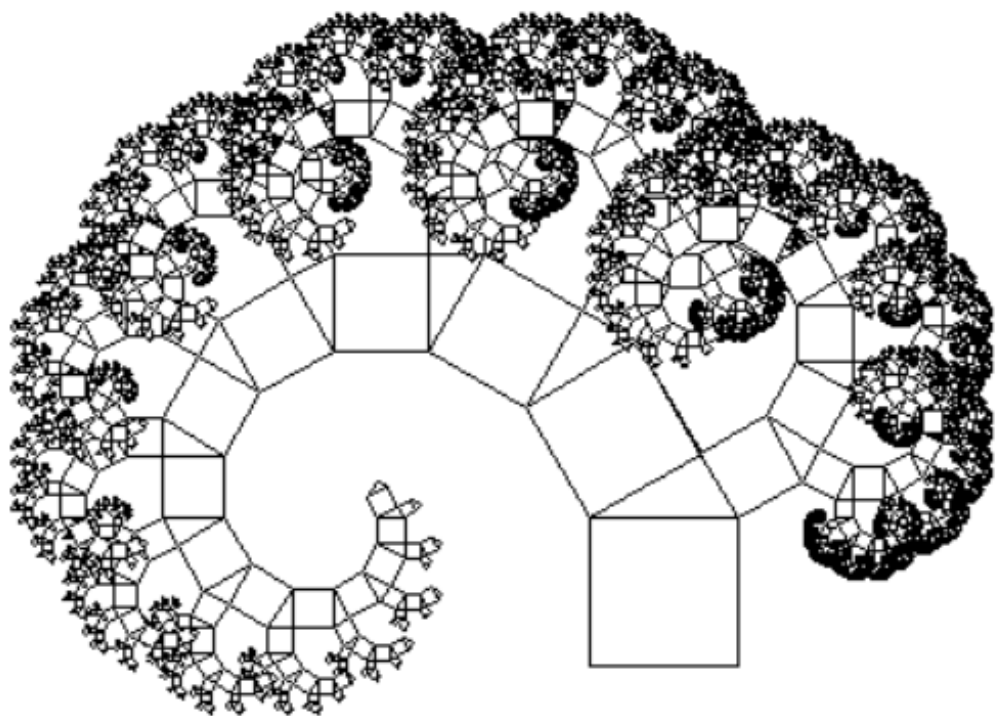


Рис.4. Фрактал «Дерево Піфагора, що обдувається вітром»

Далі наведено частину лістингу програми:  
def drawNode(t, size, level):

```
if (level < 1):
    return
else:
    drawSquare(t, size)
    leftSize = size * math.sqrt(3) / 2
    t.forward(size)
    t.left(90)
    t.forward(size)
    t.right(150)
    t.forward(leftSize)
    t.left(90)
    drawNode(t, leftSize, level - 1)
    rightSize = size / 2
    t.right(180)
    t.forward(rightSize)
    t.left(90)
    drawNode(t, rightSize, level - 1)
    t.left(60)
    t.back(size)
```

**Висновки.** Використання засобів Python є доцільним для візуалізації математичних алгоритмів, а також для побудови зображень, зокрема графічного інтерфейсу користувача.

### *Бібліографічний список*

1. Python Basics: A Practical Introduction to Python 3. 4<sup>th</sup> edition/ [David Amos, Dan Bader, Joanna Jablonski, Fletcher Heisler]. - Real Python, 2021. – 643.
2. Абдрахманов М. И. Библиотека Matplotlib. / Абдрахманов М. И. - devpractice.ru, 2019. – 125 с.

## РЕСУРСОЩАДНИЙ ДЕВАЙС ДЛЯ ВАННОЇ

Загорулько І. В., студент.

Національний технічний університет України ;  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ;  
(Україна, м. Київ)

***Анотація** – у статті описано розроблену модель пристрою для ванної кімнати, що дозволяє проводити комплекс аналізів стану води у ванні у реальному часі. Для керування пристроєм створено мобільний додаток. Результати аналізу передаються на смартфон, що створює додаткові зручності користування приладом. Проаналізовано прототипи існуючих моделей, їх сфери використання та вказано основні відмінності. Пристрій може бути доповненням до системи Розумний дім. Показано його функціонал та можливості, які забезпечують раціональне використання водних та енергоресурсів, економлять час та полегшують життя людини. Наведено технічний опис пристрою.*

***Ключові слова** - Розумний дім, пристрій, ванна кімната, електронні компоненти.*

**Постановка проблеми.** Більшість сімейних пар, у яких народжується немовля, відчувають певні незручності під час купання дитини. Існує ряд пристроїв, які можна використовувати, але усі вони виконують якусь одну певну функцію. При аналізі асортименту Розумного будинку, було виявлено, що не існує на даний момент пристрою, який поєднував би у собі всі необхідні функції. Тобто, був багатофункціональним [1]. Тому було вирішено створити прилад з широким функціоналом, який би зробив приймання ванни дитиною комфортним.

Розглянемо випадки, які демонструють наявні проблеми у ванній:

1) приймати ванну при комфортній температурі значно краще, ніж чекати допоки вона охолоне, або навпаки підігрівати, якщо вона недостатньо гаряча;

2) до купання дитини потрібно ставитися прискіпливіше. Через звичку батьків перевіряти температуру ліктями або термометрами, виникає потреба у швидкому отриманні інформації про стан води;

3) невчасно перекритий кран може перерости у потоп, який призведе до великих збитків;

4) надмірне переповнення ванної водою нікому не потрібно. Коли приймаємо ванну, зайва вода витікає у стік, але вже не повернути енергоресурси, що витрачені для її підігріву;

5) 2,5% всього обсягу вод планети припадає на прісну воду, яку люди масово та нераціонально використовують у своїх потребах, тому є проблема ресурсозбереження.

**Аналіз останніх досліджень.** Як показав попередній аналіз, існуючі прилади для ванної мають певні недоліки, такі як: крихкість конструкції, повільна реакція, відсутність точного вимірювання, обмежений температурний режим, вплив зовнішніх факторів (вода може призвести до короткого замикання), відсутність усіх бажаних функцій [2]. На основі аналізу цих та інших недоліків була розроблена модель пристрою нової конструкції. Це надає йому надійності у роботі, довготривалість та нові можливості. Головною перевагою є отримання поточних результатів вимірювання у реальному часі на смартфон – це підвищує швидкість та точність роботи.

Оскільки існуючі прилади мають недоліки, а також їх окреме використання не таке продуктивне та обдумане, було прийнято рішення про створення нового пристрою. Представлений пристрій поєднав у собі все необхідне для контролю усіх параметрів води у ванній. Модель пристрою має переваги через свою багатофункціональність і може бути складовою Розумного дому.

**Формулювання цілей.** Мета дослідження: розробити програмне забезпечення запропонованої моделі на основі мікроконтролера.

Пристрій повинен забезпечувати ряд корисних функцій, а саме: вимірювання температури та стану води, подання сигналу при переповненні водою до порогового значення, підсвічення різними світлодіодами в залежності від температури, пошук точки з максимальною глибиною та керування пристроєм за допомогою додатку на телефоні.

**Основна частина.** На рис. 1 представлена структурна схема прототипу.

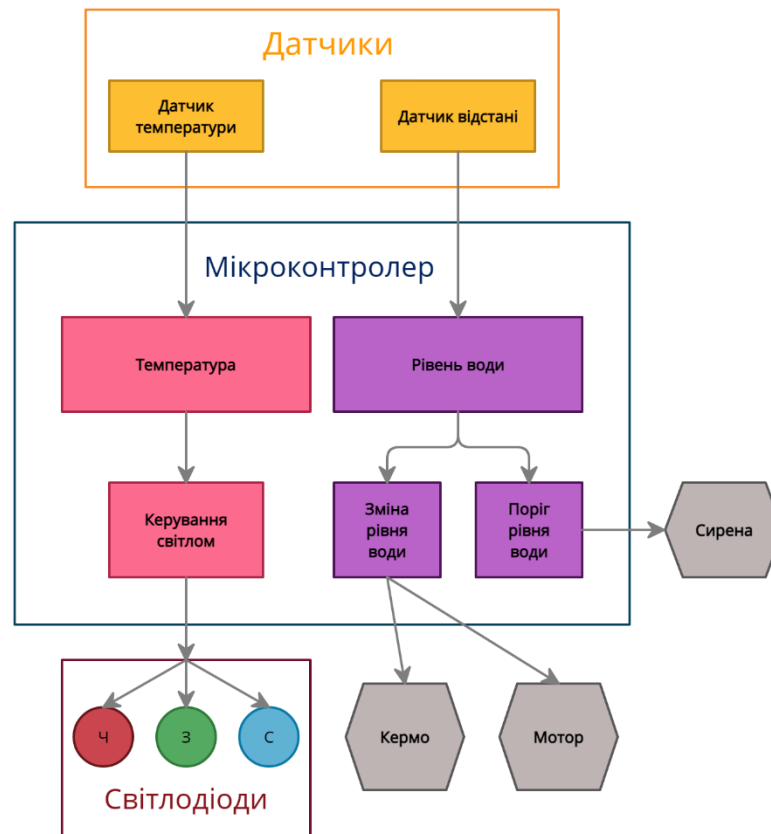


Рис. 1. - Структурна схема пристрою

До складу приладу входять датчики температури та відстані [3].

Вимірювання відстані від пристрою до поверхні ванни забезпечується інфрачервоним датчиком відстані. Після чого він передає сигнал на мікроконтролер через аналоговий вхід та аналізує його. Від нього залежить робота керма, сирени та мотору. Аналізуючи поточне значення глибини, мікроконтролер вирішує чи продовжувати далі працювати, чи вмикати сирену по завершенню набору води у ванну. Якщо рівень не досяг максимального значення - мотор та кермо продовжують свою роботу. Розглянемо алгоритм роботи керма: якщо пристрій підпливає до краю ванни, він фіксує зменшення рівня води через характерну ванні форму, тоді він повертає у рандомну сторону (праворуч або ліворуч) і повертає до тих пір, поки рівень не почне збільшуватись. Коли зафіксував збільшення – випрямляє кермо та пливе у протилежну сторону.

Аналогом пристрою є насадка на кран, яка підсвічує воду в залежності від температури, але вона не може підсвітити воду вже у набраній ванні. Тому ми додали в пристрій температурний датчик, який працює у тандемі зі світлодіодами.

У мобільному додатку користувач вказує комфортну для нього температуру, а світлодіоди змінюють свій колір в залежності від поточної та заданої температури. Наприклад, якщо температура у межах плюс-мінус 5 градусів від комфортного значення, то горить зелений світлодіод, якщо менше – синій, якщо більше – червоний. Це дозволяє наочно перевірити

зміну температури, а також у додатку відображається поточне значення температури. Живлення від power-bank (рис. 2).

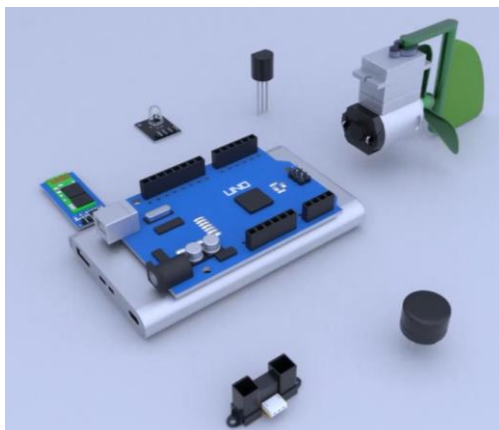


Рис. 2. - Компоненти пристрою

Швидкий доступ до налаштувань конфігурацій здійснюється через Bluetooth-модуль, що під'єднує прилад до смартфона [4]. Був створений мобільний додаток, який має зручний інтерфейс, він здійснює передачу встановлених показників комфортного значення температури води та максимального значення рівня води, перевищення якого супроводжується сиреною на телефоні та на самому пристрої.

Внутрішній інтерфейс програми зображений на рис. 3.

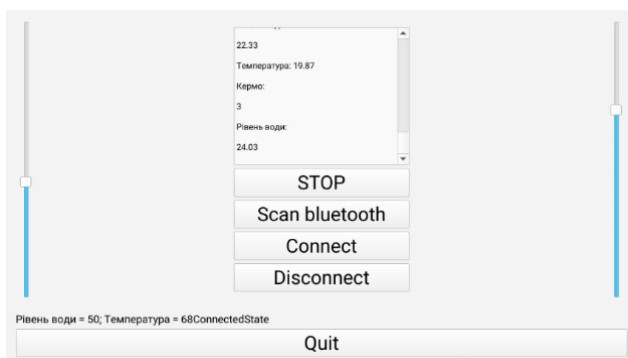


Рис 3. - Вигляд інтерфейсу програми для пристрою

Інтерфейс містить 5 кнопок та 2 повзунка. Лівий повзунок відповідає за регулювання температурою, а правий – рівень води. Кнопки: STOP – зупиняє роботу програми, Scan bluetooth – здійснює пошук можливих пристроїв, Connect – підключення до пристрою, Disconnect – відключення, Quit – закриває програму.

Має наступні можливості:

- з'єднуватись із пристроєм;

- встановлювати максимальне значення глибини у ванній, перевищення якого супроводжується сиреною;
- встановлювати середнє значення температури, яке від мінімального та максимального відрізняється у межах п'яти градусів за шкалою Цельсія;
- показувати поточні значення температури та глибини.

## **Висновок**

Отже, в результаті досліджень було :

- розроблено алгоритми моніторингу глибини і температури.
- розроблено алгоритм пошуку максимальної глибини.
- реалізовано пристрій моніторингу глибини та температури.
- реалізовано алгоритм керування пристроєм.
- створено мобільний додаток.

Тобто, поставлена мета, створення пристрою моніторингу температури та рівня води у ванній, досягнута.

У перспективі можна розглянути додаткові можливості приладу для дітей під час прийняття ванни. Він може замінити іграшки з пластику, які забруднюють навколишнє середовище. В подальшому іграшка повинна мати функцію фонтана, занурюватись, крутитись, створювати піну, а також можливість керувати її рухом. Також збільшення асортименту у формі різних видів тварин. Додатковою функцією може слугувати програвання плейлиста зі смартфона. І найголовніше зменшити пристрій в розмірі.

## **Бібліографічний список**

1. Що таке розумний будинок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.smarthouse.ua/ua/umnyj\\_dom.html](http://www.smarthouse.ua/ua/umnyj_dom.html) – Назва з екрану.
2. Беспроводной датчик утечки воды GSM сигнализации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gsmnalka.com.ua/p377205337-besprovodnyj-datchik-utechki.html> .
3. Датчики и микроконтроллеры. Часть 3. Измеряем ток и напряжение / Geektimes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://geektimes.ru/post/255126/>.
4. Интерфейс Bluetooth [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://compress.ru/article.aspx?id=23660> .



## ДО ПИТАННЯ ПЕРЕДАЧІ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ НА ПЛОЩИНІ

Герасименко Я.В., студент,  
Косінська А.А., студентка,  
Баскова Г.В., старший викладач,  
Міхлевська Н.В., старший викладач.

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
(Україна, м. Київ )*

*Анотація – розглядаються деякі питання передачі зорового сприйняття на площині, методи зображення в історії мистецтва і роль геометрії в історії живопису.*

*Ключові слова – проєкція, аксонометрія, перспектива, геометрія, інженерна графіка, кресленик, рисунок, зображення, просторове мислення.*

**Постановка проблеми.** У теперішній час підготовки інженерів продовжується зменшення навчальних годин на вивчення інженерної графіки, нарисної геометрії, технічного креслення або вивчення тільки комп'ютерної графіки. В школах в останні роки спостерігається стійка тенденція скорочення об'єму геометрії, не вивчаються малювання та креслення або вивчаються факультативно. Але без розвитку просторового уявлення, просторового мислення, необхідних знань геометрії, технічного креслення інженер не може успішно творити, тому що інженерна творчість - це мистецтво.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Про важливість порушеної проблеми, необхідність знань про передачу зорового сприйняття на площині для розвитку просторового мислення, читання зображень на площині, тобто відчувати кресленик в процесі його розробки, наведено в статті [1]. Намальована художником картина, розроблені інженером креслення виробу – це мистецтво. Як майстерності художника, так і професіоналізму інженера потрібно навчатись. По суті, творчість художника, інженера базується на просторовому мисленні і своїми власними правилами, деякі з них розглянуті у окремому відділі геометрії або складають її розділи.

Вивчення курсів інженерної графіки, нарисної геометрії, технічного креслення формує відчуття кресленика, як результат аналітичної праці розуму( співставлення різноманітної інформації про зображений просторовий об'єкт), перші професіональні навички.

Передати зорове сприйняття геометрії просторового об'єкта на площині можна і не вивчаючи інженерної графіки, але таке зображення представляє з себе рисунок. Кресленик у свою чергу передає геометрію просторового об'єкту на площині, як результат аналізу отриманих знань про нього.

Геометричні властивості рисунка і кресленика різні. Художник практично завжди передає видиму геометрію, а об'єктивною геометрією займається інженер. Але так було не завжди.

Якщо звернутись до історії мистецтва, то древньоєгипетські художники явно надавали перевагу об'єктивній геометрії перед видимою, що ми спостерігаємо на древньоєгипетських рельєфах і фресках». Було показано на прикладах художнього креслення читання зображень на площині, як результат здобутих знань інженерної графіки та на прикладі робочого кресленика валу показана аналогія передачі зорового сприйняття деталі на площині.

**Формування цілей.** Розглянути деякі питання розвитку геометрії живопису та передачі зорового сприйняття на площину художнього та технічного креслення. Показати читання зображень на площині як результат здобутих знань з інженерної графіки та як одне з необхідних умов успішної творчої інженерної діяльності на базі останніх досягнень комп'ютерної графіки.

**Основна частина.** Геометрія дарувала можливість отримання зображень на площині. Вона є з'єднуючим стрижнем в історії живопису.

Три геометричних методи відображення тримірного простору на двомірну площину: метод ортогональних проєкцій, аксонометрія та перспектива були реалізовані в мистецтві живопису. Кожний з цих методів має свій пласт художньої культури, де він реалізований найбільш повно і чисто.

1. Ортогональні проєкції – дитячий малюнок (до 7-8 років) (рис.1а), мистецтво древніх цивілізацій (Єгипет, Майя, Ацтеки та інші).

2. Аксонометрія (паралельне проєкціювання – дитячий малюнок ( з 7-8 до 11-13 років (рис.1б), живопис Древнього Риму, мистецтво Візантії, Древньої Русі, живопис Китаю, Японії та інші.

3. Перспектива (центральне проєкціювання) – дитячий малюнок ( з 11-13 років ) ( рис. 1в), європейський живопис, починаючи з епохи Ренесансу, станковий, монументальний живопис європейського мистецтва XVII століття та інші.

Отже ортогональні проєкції – аксонометрія – перспектива – це ідеальна схема розвитку геометрії живопису. Але реально все складніше. Мистецтво багатьох епох і народів знаходяться на межі різних систем, геометричною основою яких є той чи інший метод зображення предметів і простору на площині. Наприклад, в роботах сучасних непрофесіональних художників з'єднуються три геометричних основи.

Метод ортогональних проєкцій, як найбільш простий, займає перше місце в геометрії живопису, але ортогональні проєкції не передають глибину реального простору, тому вже в мистецтві Древнього Єгипту з'явилися перші слабкі паростки аксонометрії. Недоліки аксонометрії у передачі глибини простору були виправлені ренесансною перспективою.

Ренесансна перспектива – найбільш складний геометричний метод у живопису, він базується на законах геометричної оптики і максимально точно передає зорове сприйняття простору на площину. Таким чином кожний з трьох геометричних методів – це етап в розвитку мистецтва живопису, новий щабель в пошуку більш точної й досконалої системи передачі зорового сприйняття.

Цікаво, що схема розвитку «дитячого малюнку» (рис. 1) і методика розвитку просторового уявлення дитини побудована за такою ж схемою. Багато сучасних дорослих людей зупиняються між першою та другою стадіями і не піднімаються вище, що можна спостерігати у студентів. В теперішній час багато шкіл скасувало малювання та креслення, що значно ускладнило навчання студентів.



*а*



*б*



*в*

Рис. 1 Дитячі малюнки

Людину оточує два геометричних простори [2], хоча й схожі, але різні. Один - це об'єктивний або реальний простір. Другий простір створюється у нашій уяві сумісною роботою ока та мозку – суб'єктивний простір (перцептивний).

Історія розвитку живопису йшла по лінії зближення зображення об'єктивного простору з простором уявним, перцептивним.

Не існує ідеальних (без метричних спотворень) методів зображення тривимірного простору на двомірну площину. Залежно від поставленої задачі художник обирає той чи інший геометричний метод, який дозволяє йому найбільш повно і яскраво розкрити замислений образ. Як було показано в статті [1], древньоєгипетські майстри обрали метод ортогональних проєкцій, розробили успішні умовні прийоми зображення і досягали максимальної інформативності. В порівнянні з сучасним кресленням спостерігається аналогія (показано на прикладі кресленика валу). Але не дивлячись на свої успіхи, у художників виникала проблема зображення глибини простору. Таку спробу зображення можна спостерігати на рис.2а, де потрібно домислити існування образів та предметів. Отже на рис.2б передача глибини простору вдала. Чіткий профіль переднього воїна повторюється рухом праворуч та вгору і виникає відчуття глибини простору (фронтальна косокутна аксонометрія). Тобто зображення просторових відношень між геометричними об'єктами безумовно приводять до нової геометричної системи в живопису – аксонометрії. Окремі аксонометричні зображення зустрічаються в живописі Древнього Єгипту, але свій розвиток ця геометрична система в живописі отримала значно пізніше.

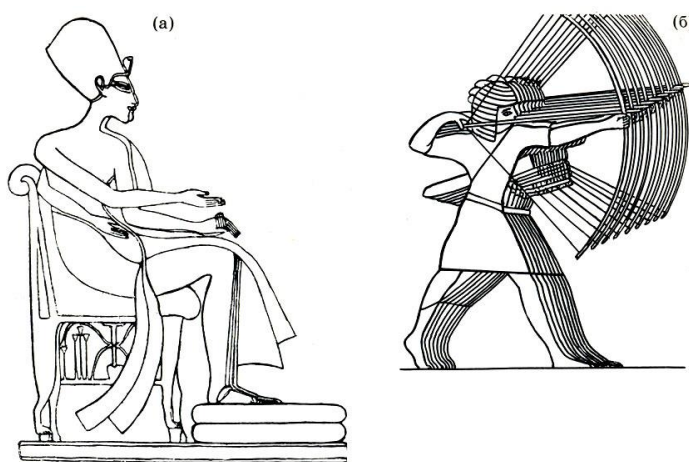


Рис. 2 Фараон Ехнатон з дружиною (а) та лучники (б)

Недоліки аксонометрії живопису виправлені ренесансною перспективою, геометричним методом зображення не окремого предмету, а всього видимого тривимірного простору.

Розвиток фото і кіномистецтва забезпечує абсолютну точність передачі зорового сприйняття навколишнього світу на площину.

Фото, кіно, комп'ютерна техніка визначають основне місце комп'ютерної графіки в успішній інженерній творчості, але їй відповідні вимоги до просторового мислення, для формування якого потрібні знання з нарисної геометрії, технічного креслення. Вивчення їх (зміст, методика) нагадує розвиток дитячого малюнку, розвиток мистецтва живопису і дозволяє читати художні та технічні зображення на площині.

Не дивлячись на те, що студенти володіють різним вихідним рівнем передачі зорового сприйняття на площину, учбова програма дозволяє підняти цей рівень й виконувати аксонометричні зображення деталей для тривимірного моделювання просторових об'єктів, що важливо до сучасних графічних пакетів з можливістю тонування, анімації.

Особливості метода ортогонального проєкціонування, тобто незалежність від відстані геометричного об'єкта до площини зображення, можливість вибору найбільш інформативного положення його дозволяють кожному студенту передавати зорове сприйняття його на площину зображень. Але виконання аксонометричного зображення об'єкту одразу відокремлюють студентів проблемних, зі слабким рівнем просторового уявлення, яким важко це зробити і за вивченим алгоритмом побудов курсу інженерної графіки. Успішній інженерній творчості таких студентів сприяють можливості комп'ютерних графічних пакетів, їх вплив на розвиток просторового мислення.

**Висновки.** В теперішній час зросла роль інженерної графіки в формуванні необхідного рівня геометричного уявлення інженерної задачі, її рішення та виконання за вивченими правилами.

Зміни шкільних програм впливають на викладання курсу інженерної графіки.

### ***Бібліографічний список***

1. Баскова Г. В. Про передачу зорового сприйняття на площині/ Баскова Г. В., Парахіна Н. А., Янюк Д. В.- Матеріали VI – ї Всеукраїнської науково–практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Вип.6.-К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С.265-268.

2. Раушенбах Б. В. Геометрія картин і зорове сприйняття. – М.: Сентеріракс. 1994.

3. Раушенбах Б. В. Просторова побудова в живописі. – М.: Наука, 1980. – 288с.

4. Коломийчук Н. М. Базова графічна підготовка у розвитку наочно – образного мислення. – Матеріали V- ої Всеукраїнської конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». Випуск 5. – К.; ДІА, 2016р. – 229 с., с. 132 – 133.

5. Левитен К. В. Геометрична рапсодія. – СПб.: 000 «Торгово – издательский дом «Аморфа», 2016. – 313 с.

## СТУДЕНТСЬКА ОЛІМПІАДА ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ З КУРСУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Коваль Г.М., к.т.н., доцент,

Лугін Д.М., студент

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,*

*(Україна, м. Київ)*

**Анотація:** наведені умови та розв'язок завдань, які були запропоновані на олімпіаді з нарисної геометрії на факультеті електроенергетики та автоматики університету. Проведення олімпіади сприяє підвищенню зацікавленості студентів при вивченні курсу нарисної геометрії.

**Ключові слова** – нарисна геометрія, олімпіада, геометричне моделювання, геометричні місця прямих, спосіб заміни площин проєкцій.

**Постановка проблеми.** Останнім часом в умовах бурхливого розвитку інформаційних технологій знижується інтерес студентів до геометричних методів розв'язку задач.

**Аналіз останніх результатів.** В останні роки у студентів виникають труднощі при вивченні курсу нарисної геометрії. Це пов'язано в першу чергу з змінами програм та з недостатнім рівнем викладання геометрії та креслення у середній школі.

**Постановка завдання.** Сучасному інженеру необхідно вміти оперувати просторовими геометричними образами, виконувати та читати кресленики. Тому виникає потреба стимулювати студентів при оволодінні основами курсів нарисної геометрії та креслення.

**Основна частина.** Щоб підвищити інтерес до нарисної геометрії, в НТУУ «КПІ» щорічно проводяться студентські олімпіади [1-5]. В цьому році, в зв'язку з впровадженням дистанційної форма навчання, загально університетська олімпіада з нарисної геометрії не проводилась, була проведена олімпіада на електроенергетичному факультеті НТУУ «КПІ».

Оскільки в навчальних планах години, відведені на вивчення дисципліни «Нарисна геометрія», постійно зменшуються, на аудиторних заняттях розв'язуються тільки окремі, типові задачі з тем курсу. Більш складні завдання з нарисної геометрії розглядаються на заняттях гуртків, що дозволяє розвивати творчий потенціал, просторову уяву, вміння логічно мислити та готують студентів до участі у олімпіаді.

На олімпіаді пропонуються задачі, для розв'язку яких необхідно володіти основними темами курсу: методом геометричних місць, методом перетворення за допомогою заміни площин проєкцій.

На олімпіаді з нарисної геометрії у 2020 році були запропоновані такі задачі:

### Задача 1

Побудувати рівнобедрений трикутник  $ABC$ , вершина  $B$  якого належить прямій  $a$  на площині  $\Sigma(\theta \parallel c)$ , сторона  $AC$  паралельна площинам  $\Delta(hxf)$  та  $\Omega(m \parallel n)$ ,  $AB = AC$ .

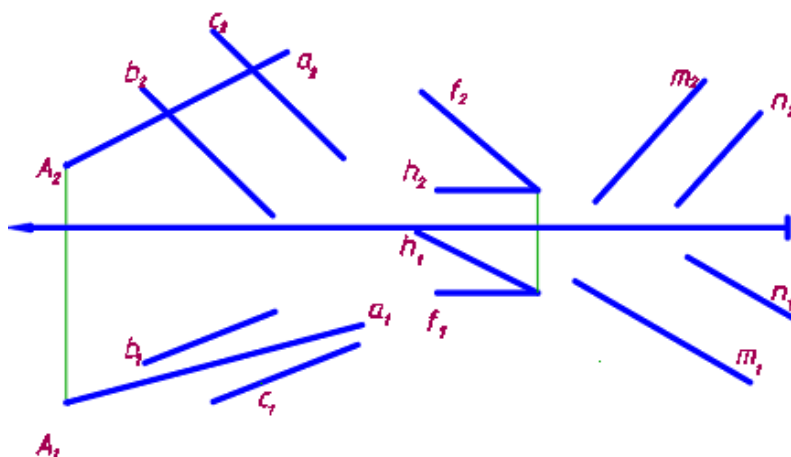


Рис.1. Умова задачі 1

Для розв'язку задачі необхідно використати базові задачі (рис.2): знайти точку перетину прямої з площиною, побудувати лінію перетину площин, відкласти на прямій загального положення відрізок заданої довжини.

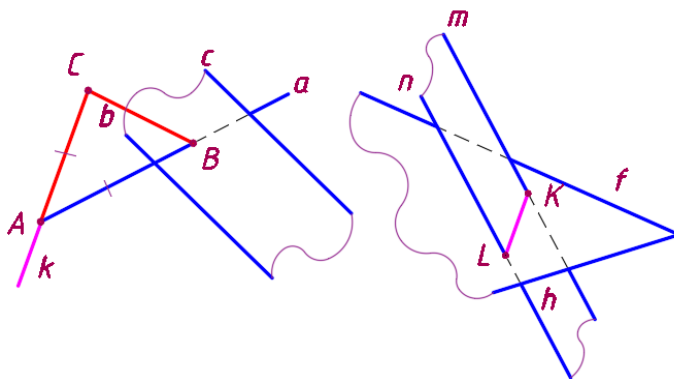


Рис.2. Просторова модель до задачі 1

Алгоритм розв'язку задачі:

1. Знайти точку перетину  $B$  прямої  $a$  з площиною  $\Sigma(\theta \parallel c)$ :  $B = a \cap \Sigma(\theta \parallel c)$ .
2. Побудувати лінію перетину площин  $\Delta(hxf)$  та  $\Omega(m \parallel n)$ :  
 $KL = \Delta(hxf) \cap \Omega(m \parallel n)$ .
3. Через точку  $A$  провести пряму  $k$ , паралельну до прямої  $KL$ :  
 $A \in k \parallel KL$ .
4. Визначити натуральну величину відрізка  $AB$ :  $|AB|$

5. На прямій  $k$  відкласти відрізок  $AC=AB$ :  $C \in k$ ,  $AC=AB$ .
6. Сполучити точки  $B$  та  $C$ :  $B \cup C = BC$ .

В загальному випадку задача (рис.3) має два розв'язки.

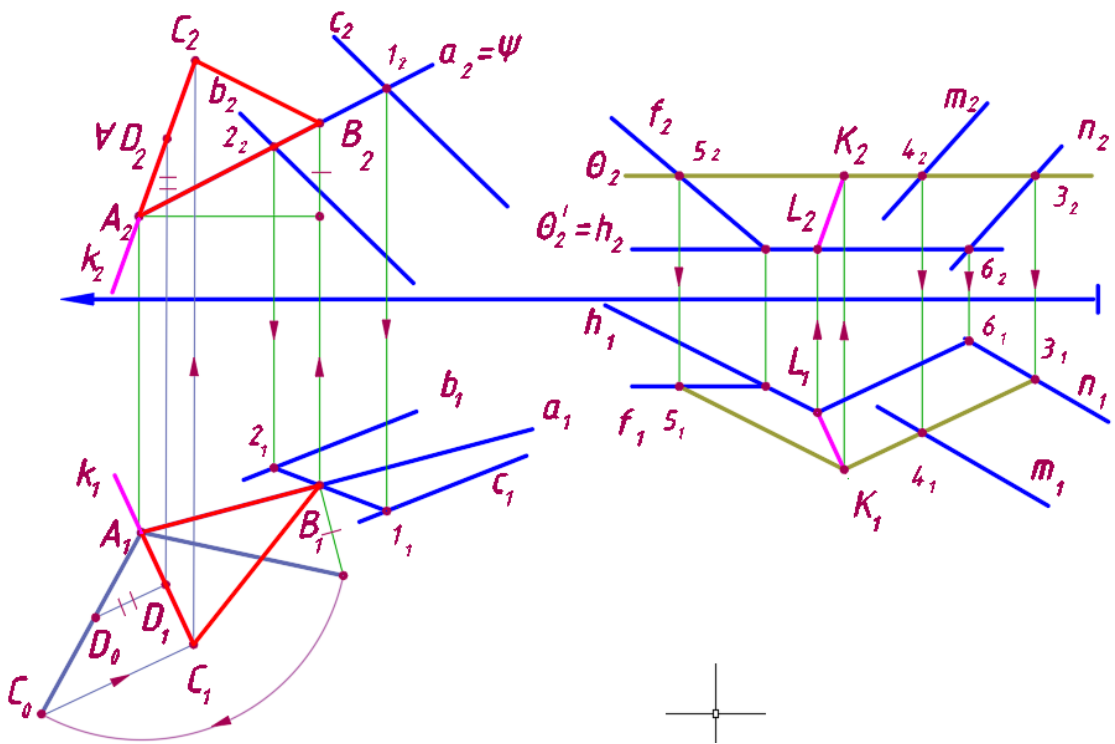


Рис.3. Розв'язок задачі 1 на комплексному малюнку

#### Задача 2

В площині  $\Sigma(KLM)$  знайти точку, рівновіддалену від трьох паралельних прямих  $AB$ ,  $CD$  та  $EF$ .

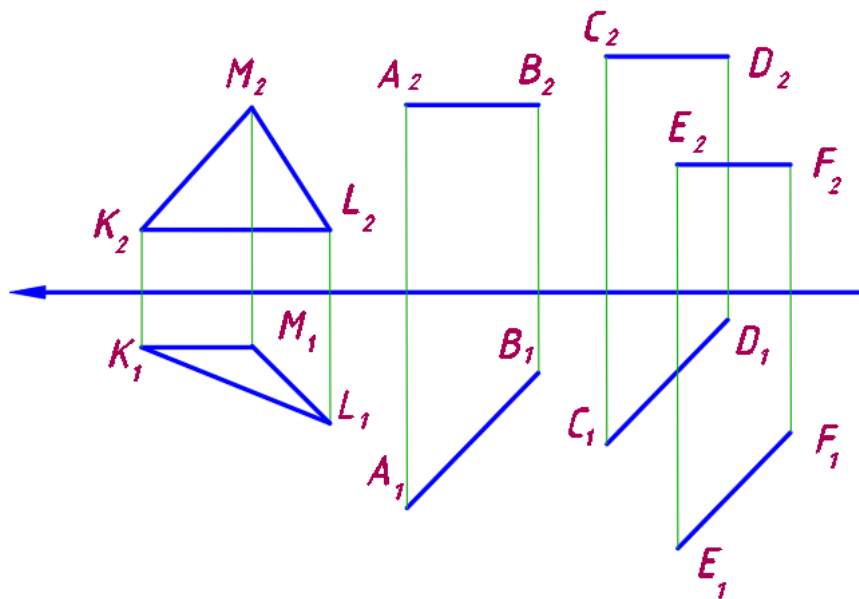


Рис.4. Умова задачі 2

Для розв'язку задачі необхідно застосувати базові задачі (рис.5):



визначення геометричного місця точок, рівновіддалених від трьох паралельних прямих, побудова точки перетину прямої з площиною.

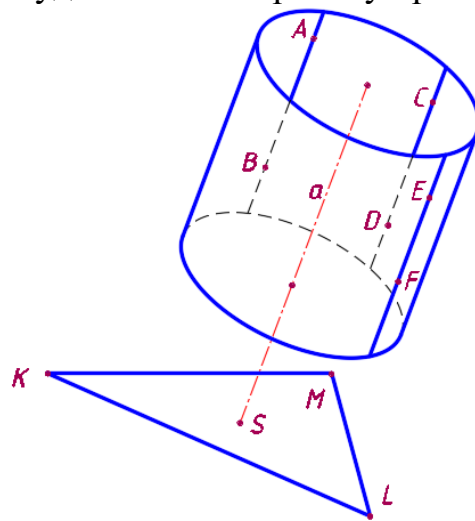


Рис.5. Просторова модель до задачі 2

Алгоритм розв'язку задачі:

1. Геометричним місцем точок, рівновіддалених від трьох паралельних прямих є вісь циліндра, для якого задані три паралельні прямі є твірними. Для спрощення при визначенні цієї осі доцільно використати спосіб заміни площин проекцій

$$\Pi_1 / \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 / \Pi_4, \Pi_1 \perp \Pi_4, \Pi_4 \perp AB.$$

2. Визначити точку перетину осі циліндра  $a$  з заданою площиною  $\Sigma(ABC)$   
 $S = a \cap \Sigma(ABC)$ .

В загальному випадку задача має одне рішення.

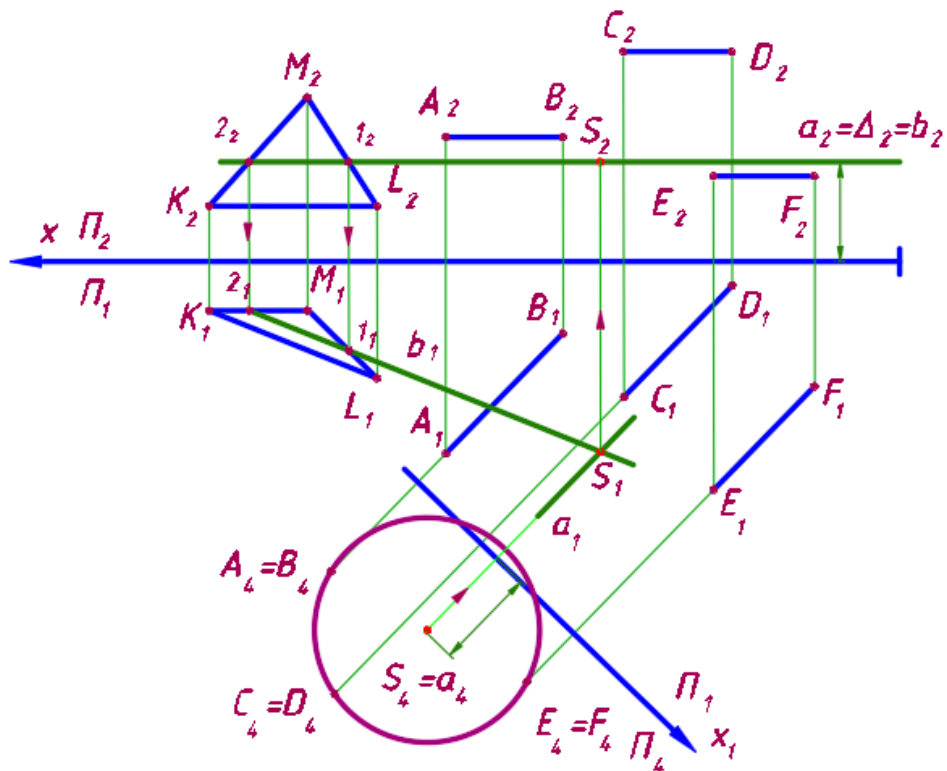


Рис.6. Розв'язок задачі 2 на комплексному малюнку.

Студенти – призери олімпіади – заохочуються викладачами бонусними балами.

**Висновки.** Проведення олімпіади сприяє підвищенню інтересу студентів до дисципліни, що поліпшує загальний рівень інженерної підготовки.

### *Бібліографічний список*

5. Білицька Н. В. До питання проведення студентської олімпіади з нарисної геометрії. / Н. В. Білицька, Г. М. Коваль, І. О. Корнієнко - Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених". Вип.5. - К. :ДІА, 2016. - С. 33-37.

6. Білицька Н. В. Олімпіада як спосіб підвищення зацікавленості студентів при вивченні курсу нарисної геометрії. / Н. В. Білицька, Г.М. Коваль, М. М. Бережнюк - Матеріали VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених". Вип.6. - К.:ДІА, 2017. - С.41-45.

7. Білицька Н. В. Один із шляхів підвищення зацікавленості студентів при вивченні курсу нарисної геометрії. / Н. В. Білицька, Г. М. Коваль, Д. С. Александрова – Матеріали VII-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених". Вип.7. - К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С.156-160.

8. Олімпіади з нарисної геометрії - одна з ланок розвитку творчого потенціалу студентів. / [Білицька Н. В., Коваль Г. М., Александрова Д. С., Юраш О. В.]. – Матеріали VIII-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених". Вип.8. - К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С.173-177.

5. Мислення геометричними образами - запорука розвитку творчих здібностей студентської молоді / [ Білицька Н. В., Коваль Г. М., Тітов Г.В., Наменюк П.Я.]. – Матеріали IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених". Вип.9. - К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С.43-47.

## ЕТАПИ РОЗРОБКИ ТА ДРУКУ 3D - ДЕТАЛІ НА ПРИКЛАДІ ШЕСТЕРНІ

Вельганюк Д.М., студент,

Грубич М.В., асистент.

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”*

*(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – у статті розповідається про певні етапи розробки 3D-деталі від самого початку:- виготовлення креслення, за яким у подальшому буде виконана робота моделі; - моделювання самого виробу; - кінцевий результат, тобто початок та завершення друку деталі чи моделі на 3D-принтері. Також будуть наведені деякі нюанси при роботі у програмах для моделювання та створення креслень, а саме на прикладі шестерні. Також буде показаний приклад уже готової шестерні за виконаними нами креслениками.*

***Ключові слова** – 3D-деталі, 3D-моделі, 3D-принтери, креслення, модель, деталь, шестерня.*

**Постановка проблеми.** Виготовлення 3D-деталі та подальше її створення потребує багато зусиль та навичок, але в сучасній інженерії це необхідно знати, адже використання 3D-принтерів в інженерній справі стає все більшим, а спеціалістів, які можуть це виконати – поки що мало.

**Аналіз останніх досліджень.** Опираючись на останні публікації, ми вирішили, що вони містять недостатньо інформації про розробку деталі, адже розробка деталей на 3D-принтері та їх подальше застосування в інженерній практиці є відносно нова справа, тому вирішили запропонувати вирішення даного питання даним методом.

**Основна частина.** Хоча відносно недавно 3D-принтери ввійшли до нас в інженерну практику, але технологія тривимірного друку з'явилась у 1984 році. Через два роки, після того, як на новому рівні освоїли цей метод, з'являється і перший промисловий 3D-принтер.

У наш час 3D-принтери широко використовують у різних галузях. Наприклад у машинобудуванні, а в такій галузі, як медицина, можуть друкувати деякі органи, які потрібні людям для здорового функціонування організму.

Ми наведемо приклад використання тривимірного друку в не менш цікавій галузі – інженерній справі – в машинобудуванні. Розглянемо створення деталі на прикладі шестерні. Процес виготовлення креслення та моделі буде відбуватися в програмі AutoCAD. Саме це програмне забезпечення дозволяє з легкістю зробити з кресленика об'ємну просторову фігуру.

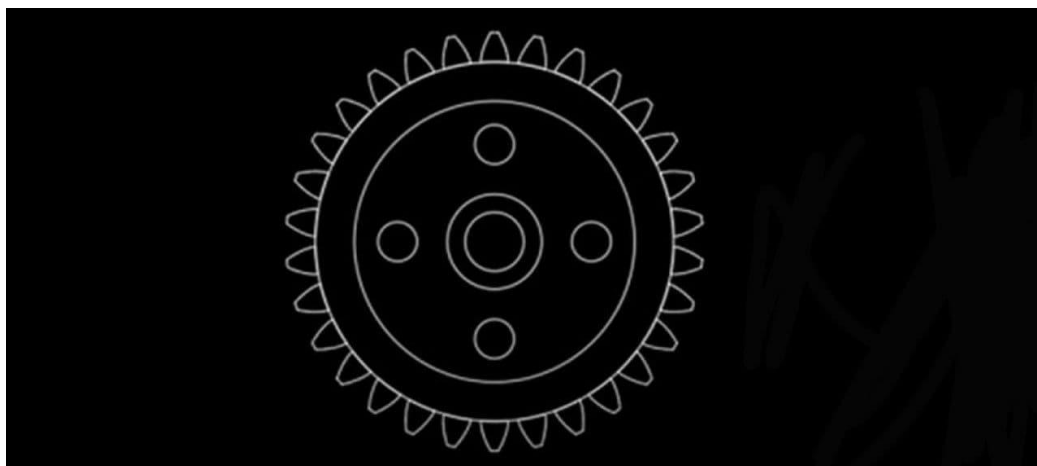


Рис. 1 – кресленик шестерні в програмі AutoCAD.

Після виконання рисунку можна приступати до другої стадії, а саме - моделювання. Цей етап вимагає максимальної точності у побудові фігури, адже ми робимо деталь, яка у подальшому буде використовуватися в різних механізмах, а найменша неточність може вивести з ладу весь технологічний пристрій.

Після виконання кресленика деталі нам потрібно вибрати матеріал з якого будемо її друкувати. Вибір матеріалу буде впливати безпосередньо на швидкість друку заданої деталі та його технологічні умови.

У таблиці 1 показано декілька видів пластмас. Найкращим варіантом для нашого друку буде матеріал PLA. Він має одну із самих високих швидкостей друку, а найголовніше те, що температура платформи, на якій буде знаходитися виріб, має найнижчу з запропонованих.

Табл. 1 – види пластмас

Матеріал	Температура екструзії	Температура платформи	Швидкість друку
ABS	220-260 °C	90-120 °C	40-80 мм/с
PLA	180-230 °C	20-60 °C	40-100 мм/с
PC	290-310 °C	90-120 °C	40-80 мм/с
PP	210-250 °C	100-120 °C	40-100 мм/с
Flex	210-240 °C	90-110 °C	30-40 мм/с

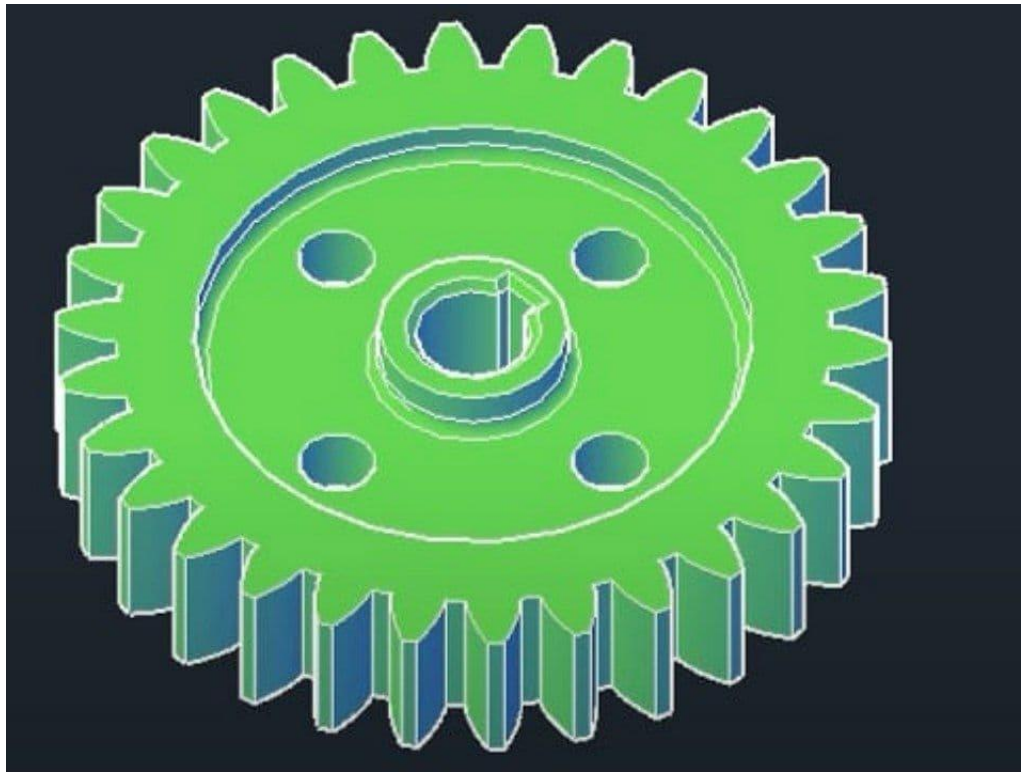


Рис. 2 – модель шестерні.

Це дає можливість надрукувати його також у звичайних умовах, оскільки, для досягнення вищої температури платформи потрібні 3D - принтери, які розраховані проєктантами на промислове виготовлення деталей.



Рис. 3 – шестерня, яка надрукована на 3D-принтері.

## Висновки.

Ми дослідили та коротко описали декілька нескладних етапів, які потрібні для виготовлення деталі на 3D-принтері;

Також розглянули програмне забезпечення, в якому виконується основна частина роботи та вибрали матеріал, який найкраще підходить для тривимірного друку 3D-моделі.

## Бібліографічний список

1. <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-9DACE807-BC9D-4357-B47E-C6199F6AF1A2-htm.html>
2. Кравченко І. В. Розробка конструкторської документації в середовищі AUTOCAD MECHANICAL: Навчальний посібник. [Електронний ресурс] / Уклад.: І. В. Кравченко, В. І. Микитенко – НТУУ "КПІ". Електронні текстові дані.- Київ: НТУУ "КПІ", 2016
3. М.Г. Макаренко, В.П. Юрчук Використання AutoCAD в інженерній графіці.

УДК 515.2:536.3

## ВПЛИВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ НА РОЗВИТОК ПРОСТОРОВОЇ УЯВИ

Надкернична Т. М., старший викладач,  
Лебедева О.О., старший викладач,  
Малашенко Є. О., студент гр. ФФ-01, ФТІ  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського»  
(Україна, м. Київ)

**Ключові слова** — просторова уява, когнітивні здібності людини, процес мислення, комп'ютерна графіка, 3Д модель, плоскі проекції деталі, 3Д візуалізації, тренажер розумових здібностей

**Анотація** — в статті розповідається про комп'ютерну графіку, як інструмент для розвитку просторової уяви, яка, в свою чергу, є передумовою розвинення творчої уяви і необхідною складовою для забезпечення життєдіяльності кожної людини.

**Постановка проблеми:** Як впливає комп'ютерна графіка на когнітивні здібності людини та які сфери її використання?

**Формування цілей.** В цій статті автор поставив собі за мету розібратись, що являє собою просторова уява та чи є у сучасної людини потреба в ній?

### **Основна частина**

Комп'ютерна графіка вивчається на багатьох технічних, будівельних, архітектурних спеціальностях, та навіть у художніх вузах, адже вона є мовою сучасного світу конструювання. Зазвичай, коли говорять про успіх в освоєнні цього інструменту, зазначають такий вид когнітивних здібностей, як просторова уява.

Коли на прогулянці ми підходимо до перехрестя і з частини вулиці, яка закрита від нас будівлею, доноситься шум натовпу, наша уява домальовує скупчення людей, а потім ми переконуємось, що воно насправді там є. Причиною цього розумового процесу був звуковий сигнал, а його результатом – картина натовпу на вулиці, якого ми ще не бачили, але змогли передбачити. Ця ситуація демонструє, в яких випадках працює просторова уява.

Дослідники когнітивних здібностей визначають уяву, як результат емоції (1). Це наштовхує нас на думку, що уява є творчим процесом. В цьому не важко переконатись, звернувши увагу на той факт, що пішохід з вищевказаного прикладу, жодного разу не бачив вулицю, на якій почув натовп, тож вулиця, зображена в його уяві, є результатом творчого процесу.

Іншою є ситуація, коли вулиця пішоходу вже добре відома, а натовп складають його знайомі, і він знає, у що вони одягнені. У цьому випадку відображена картина натовпу більшою мірою є результатом роботи пам'яті, аніж уяви.

Важко недооцінити необхідність розвиненої просторової уяви. Від цього залежить не лише потенційний успіх людини у інженерних спеціальностях, а й можливість вести повноцінне життя, адже якщо повернутись до згаданого пішохода, і уявити, що він почув з вулиці певний загрозливий звук, замість звуку натовпу, то від правильного моделювання уявою пішохода ситуації, може залежати його життя. Джерелом звуку може бути вантажівка, водій якої втратив контроль над кермом і на великій швидкості несеться до перехрестя.

Розібравшись у тому, що уява є результатом двох процесів, один з яких творчий, а інший є умовно-рефлекторним досвідом, вилученим з центральної нервової системи (2), на який вплинути ми можемо лише збільшивши кількість маршрутів на прогулянках, спробуємо відповісти на питання «як розвинути творчу складову уяви?»

Комп'ютерна графіка є міцним інструментом для розвитку просторової уяви. За необхідності побудови 3Д моделі з плоских проєкцій деталі, спершу нам необхідне уявне зображення деталі. Обернена задача, коли потрібно створити проєкції вже існуючої деталі на площинах, потребує не менших розумових зусиль.

Перелік сфер використання комп'ютерної графіки безмежний. Спеціалісти з маркетингу збагнули, що зазвичай фотографія та відеозапис рекламованого виробу не дають такого привабливого зображення, як створене досвідченим спеціалістом з 3Д візуалізації.

Важко уявити сучасного дизайнера, який би не володів інструментами 3Д моделювання.

На рис.1 та рис.2 можна переконатись, що сучасну комп'ютерну візуалізацію майже неможливо відрізнити від фотографії.



Рис. 1



Рис.2

Іншою сферою широко використання 3Д є ігрова та кіно індустрія (рис.3).





Рис.3

Також 3Д технології міцно увійшли в інструментарій сучасних науковців. Сьогодні за допомогою моделювання спеціалісти з фізики, хімії, медицини можуть замінити дорогі та довгострокові дослідження на змодельований процес рис.4.

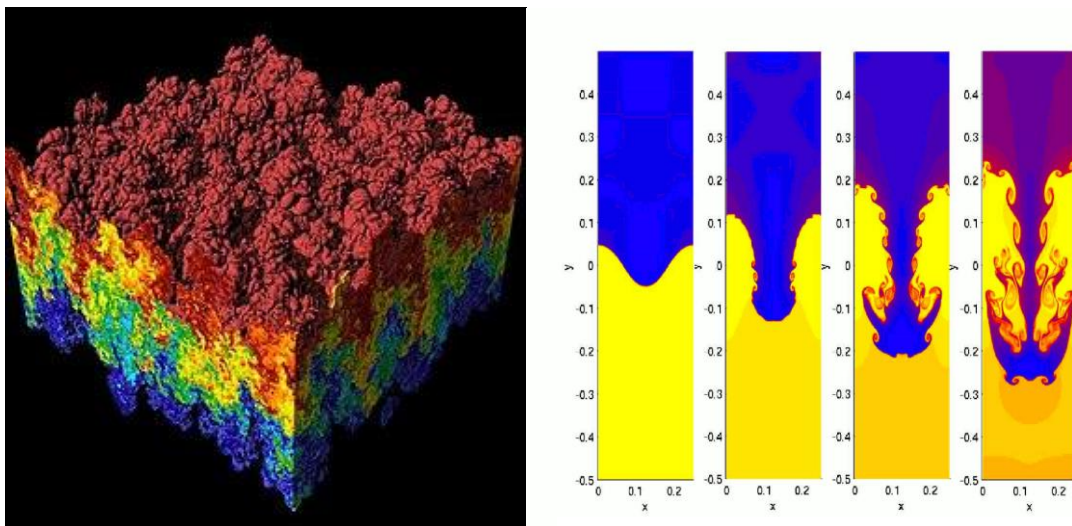


Рис.4

Рис.4 - на цих двох зображеннях ми бачимо 3Д візуалізацію на зображенні зліва та 2Д візуалізацію – з правого боку фізичного процесу «Нестійкість Релея – Тейлора».

**Висновки.** У 21-му сторіччі і надалі комп'ютерна графіка буде важливим елементом людського життя, на який слід звернути увагу не лише як на інструмент професійної діяльності, а і як на ефективний тренажер розумових здібностей.

### ***Бібліографічний список:***

1. *Выготский Л. С.* Психология искусства. Анализ эстетической реакции. М.: Лабиринт, 1998.
2. *Анохин П. К.* Биология и нейрофизиология условного рефлекса, М., 1968;

## УПРАВЛІННЯ ФОРМОЮ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНОЇ КРИВОЇ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДІАГРАМИ КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Козловський А.Г., аспірант,  
Березницький Н.О., студент,  
Юрчук В.П., д.т.н., професор.

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського»  
(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – В роботі розкрито спосіб знаходження спряження між двома поверхнями із застосуванням методу накладання декількох умов моделювання на пряму; розкрито сутність процесу знаходження спряження як повноцінного представлення геометричної системи з урахуванням вхідних та проміжних параметрів, необхідних для геометричного моделювання спряжених поверхонь.*

***Ключові слова** – геометричне моделювання, дискретна пряма, спряження, спряжені поверхні, геометрична поверхня, крива, діаграма кінематичного гвинта, дисковий копач.*

**Постановка проблеми.** Досить часто при моделюванні поверхонь сільськогосподарських робочих органів використовують найпростіші методи спряження, а обґрунтування підбору параметрів геометричного профілю досягається внаслідок використання відомих параметричних значень, що забезпечують геометричну форму робочих органів, які впливають на ефективність обробки ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень.** Відомі методи проектування ґрунтообробних робочих органів є ефективними, однак вони полягають у розрахунках значень кутів, взаємного розрахунку поверхонь, спряжень за певними агрономічними закономірностями. Для досягнення якісної обробки ґрунту доцільно отримати якісну форму робочих органів, моделювання яких можливе із застосуванням нових ефективних методів моделювання, у тому числі і тих, що формують спряження непрямыми обрахунками.

У роботі [1] детально розкрита вище поставлена проблема на прикладі розрахунку параметрів напямної кривої, які були обрані із розрахунків полиць плугів. У джерелах [2] та [3] детально описано геометричне моделювання робочих поверхонь деяких пристроїв для обробки ґрунту.

**Формування цілей статті.** Метою статті є застосування методу накладання декількох умов моделювання кривої, заданої дискретно на прикладі побудови спряження типу "вилка-диск" шляхом використання діаграми кінематичного гвинта як основу для побудова спряжених поверхонь робочих органів сільськогосподарського обладнання.

**Основна частина.** Для побудови спряжених поверхонь за допомогою діаграми кінематичного гвинта визначимо початкові параметри переміщення поверхонь. Відомими є міжосьова відстань між вилковим і дисковим копачами –  $AB$ , кут установки осі вилкового копача –  $\alpha$  та швидкість початкової поверхні вилкового копача –  $\omega_A$ . Значення першої величини визначається із базових геометричних моделей конструкції робочих органів як основи всієї коренезбиральної машини [4].

Побудову спряжених поверхонь за допомогою діаграми модифікованого кінематичного гвинта зображено на рис. 1.

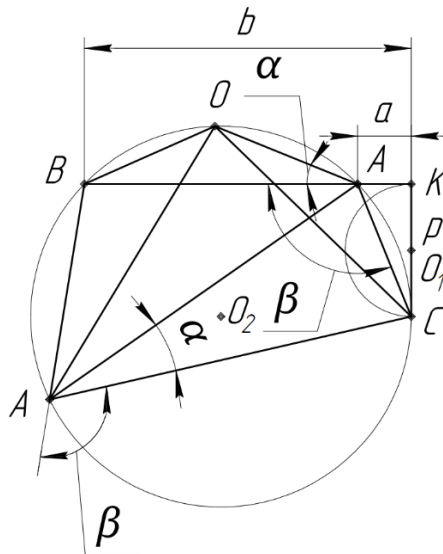


Рис. 1. Побудова діаграми модифікованого кінематичного гвинта з відкладанням відрізків в різні сторони

Конструктивно визначаємо точку контакту  $K$  і звідси маємо:  $AK + KB = AB$ , а також, враховуючи відомі залежності,  $AK = a$ ,  $KB = b$ . Знаючи, що для результуючого гвинта існує залежність:  $b = p \cdot ctg(\alpha)$  визначаємо гвинтовий параметр  $p$ , а також знайдемо наступні параметри дискового копача:  $\omega_B$ ,  $\beta$ , напрям осі результуючого руху та деякі інші параметри [1]. Алгоритм побудови буде наступний:

1. Алгоритм побудови спряжених поверхонь за допомогою діаграми гвинта. Із будь-якої точки  $C$  на кресленні в певному масштабі проводимо коло радіусом  $p$  (рис. 1).

2. Для простоти побудови із тієї ж точки  $C$  будуємо перпендикуляр і знаходимо точку  $K$ , від якої вліво і вправо відкладаємо на дотичній до кола відрізки  $KA = a$ ;  $KB = b$ .

3. Через точки  $A$ ,  $B$ , і  $C$  описуємо коло навколо трикутника  $ABC$ .

4. Довільна точка на колі визначає напрям осі результуючого гвинта та напрями осей складових обертань (на рис. 1 показано два випадки побудови результуючого гвинта). Кутові швидкості  $\omega_B$  і  $\omega_C$  будуть пропорційні сторонам побудованого трикутника  $ABC$ . Звідси знаходимо кути  $\beta$ ,  $\gamma$  та  $\omega_B$  і  $\omega_C$  (в залежності від масштабу побудови).

5. Відрізки  $KA$  і  $KB$  можна відкладати також і в одну сторону. При цьому алгоритм побудови буде наступний:

- 1) Будуємо коло радіусом  $p$  (рис. 2);
- 2) Проводимо дотичну і знаходимо точку  $K$  (довільно);
- 3) Із точки  $K$  в одну сторону на дотичній до кола відкладаємо відрізки:  $KA = a$  і  $KB = b$ ;
- 4) Через точки  $A$ ,  $B$ , і  $C$  описуємо коло;

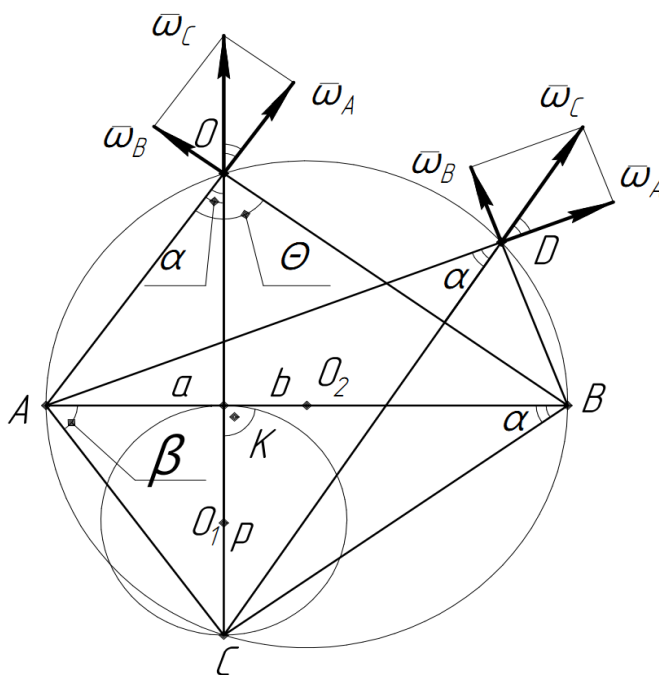


Рис. 2. Побудова діаграми кінематичного гвинта з відкладанням відрізків в одну сторону.

Довільна точка на колі визначає шукані параметри як спряженої поверхні дискового копача, так і результуючого руху. Із наведених графічних побудов можна зробити висновок, що діаграма модифікованого кінематичного гвинта дозволяє наочно показати складання (пряма задача) і розкладання (обернена задача) рухів твердого тіла. Одночасно при цьому можна визначити кінематичні характеристики спряжених поверхонь в гвинтовому русі, геометричні параметри їх орієнтації, будувати спряжені поверхні з лінійним дотиком а також графічно визначати інші параметри.

При проектуванні нових сільськогосподарських машин та знарядь одним із найважливіших напрямів наукового пошуку є створення нових

методів конструювання їх робочих поверхонь, оскільки саме робочі поверхні в значній мірі і визначають ефективність використання всієї машини.

Розробка графоаналітичних та аналітичних методів дозволяє використовувати при цьому комп'ютерну технологію, що в свою чергу, значно скорочує кількість дослідних зразків і витрати часу та кошторисні витрати всього процесу проектування.

### **Висновки.**

Метод накладання декількох умов на дискретну пряму дозволяє створити якісне спряження поверхонь. Застосування діаграми кінематичного гвинта дозволяє отримати точні результати при моделюванні геометричних поверхонь, зокрема при побудові спряжених кінематичних поверхонь.

### **Бібліографічний список:**

1. Тищенко С.С. Геометричні основи проектування поверхонь поличних робочих органів: монографія / С. С. Тищенко, В.В. Карась. – Дніпро: ТОВ «Домінанта-Прінт», 2019. – 356 с.

2. Найдиш А.В. Формування поверхні леза плуга за допомогою двох напрямних кривих з розрахунком згущення точкового ряду обводу методом  $\gamma_{opt}$ . Найдиш А.В., Пихтєєва І.В., Сивова А.К. // Сучасні проблеми геометричного моделювання. 2014. Вип. 1. С. -с 95-102.

3. Козловський А.Г. Геометричне моделювання робочих поверхонь культиваторів та пристроїв для обробітку ґрунту / Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» // Козловський А.Г., Бакалова В.М., Юрчук В.П., Лебедева О. О. Випуск 5. — К.: ДІА 2016 р. - 229 с.

4. Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.01.01 / В.П. Юрчук ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — К., 2002. – 37 с. – укр., 2006. - 450с.: іл., 95-106с.

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКЦІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ ТОЧКИ НА ПЛОЩИНІ

Грубич М.В., асистент,

Павлюченко Л.В., викладач,

Юрчук Ю.В., ліцеїст.

Національний технічний університет України

«Технічний ліцей КПІ» (Україна, м. Київ)

**Анотація** – в практиці експлуатації автомобіля, знаючи час гальмування та гальмівний шлях, можна визначити параметри швидкості та прискореного руху тіла.

**Ключові слова** – матеріальна точка, графік, параметри швидкості, прискорення, рух точки, рівноприскорений рух, гальмівний шлях, модуль швидкості точки.

**Постановка проблеми.** Для найкращого визначення параметрів експлуатації автомобіля (чи інших транспортних засобів), необхідно знати параметри переміщення, прискорення, величини пройденого шляху за деякий периметр часу та швидкості. Ці показники дають нам змогу оцінити якість даних транспортних засобів.

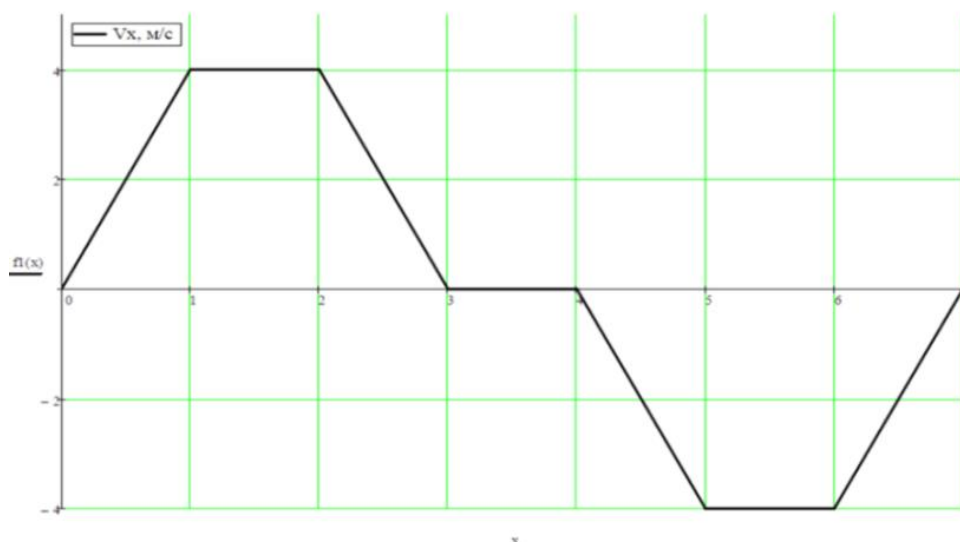


Рис.1

Схема переміщення матеріальної точки на площині

Описуючи механічний рух деякого тіла, ми, як правило, не розглядаємо рух його окремих точок, а розглядаємо його механічну модель, яку називають матеріальною точкою. Відомо, що для будь-якого руху тіла, шлях чисельно дорівнює площі фігури під графіком залежності модуля швидкості руху від часу його переміщення.

За даної умови, відображеної на графіку (Рис.1), маємо:

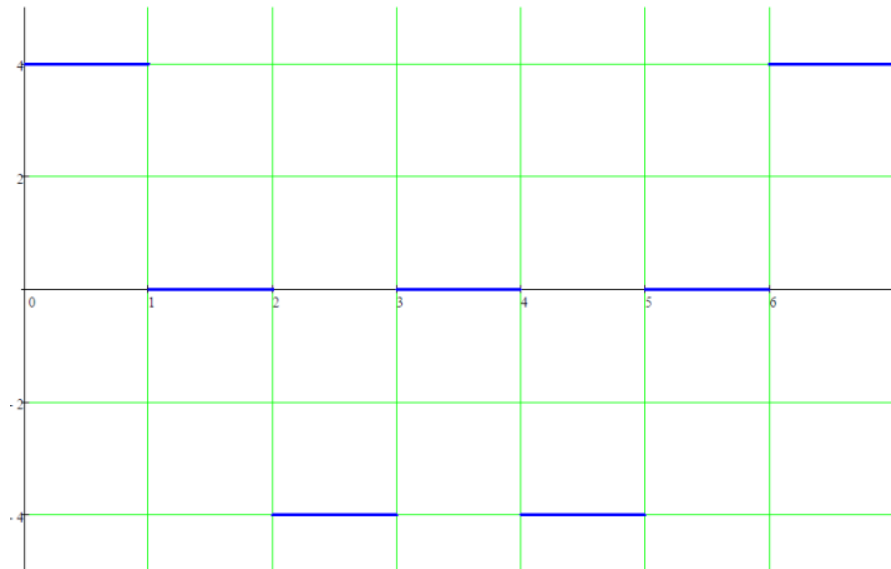


Рис. 2

Схема прискорення точки в координатних системах

З нього відображається залежність прискорення даного тіла від його швидкості, що вимірюється за наступною формулою та відображена на Рис.2 Звідси маємо:

$$a=(v-v_0)/\Delta t;$$

Де:  $a$  – рівномірне прискорення даної точки (м/с<sup>2</sup>);

$v_0$  – початкова швидкість переміщення точки (швидкість її руху в момент початку відріку часу);

$v$  – швидкість переміщення точки наприкінці шуканої ділянки (швидкість її руху за певний відрізок часу) [1];

$\Delta t$  – відрізок величини часу переміщення точки від початку ділянки руху до його кінця.

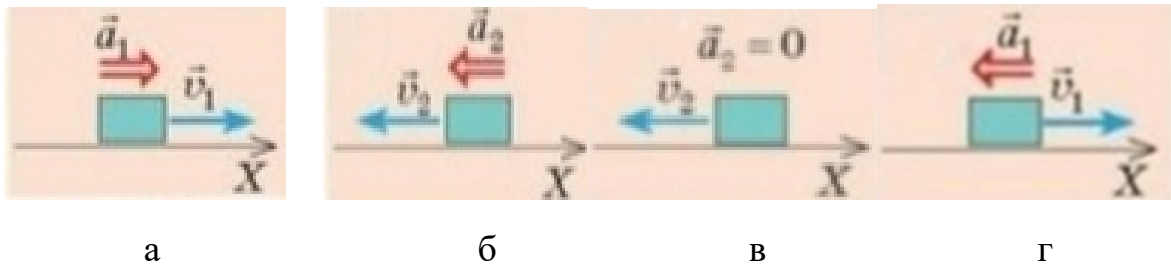


Рис. 3.

Модельовання руху точки з урахуванням прискорення за різних умов

Такі переміщення точки в просторі можна графічно змодельовати на координатній осі (Рис. 3):

- а – спів-направлений з віссю координат рівноприскорений рух точки;
- б – спів-направлений рух точки в зворотному напрямку від осі;
- в – рух точки з нульовим прискоренням, в протилежному напрямку;
- г – рух точки в позитивному напрямку з оберненим прискоренням.

### Висновки.

1. Маючи графічні характеристики параметрів переміщення точки в просторі, можна визначити величини цих переміщень відносно початкового положення;
2. Векторні параметри та масштабні розрахунки дозволяють реально коригувати траєкторію руху точки.

### Бібліографічний список

1. 1.«Фізика» підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів за редакцією В.Г Бар'яхтара, С.О. Довгого. ТОВ Видавництво «Ранок», 2017.
2. «Фізика для загальноосвітніх навчальних закладів з поглибленим вивченням фізики». Підр. для 9 класу. (Автори Засекіна Т.М., Засекін Д.О.).



## РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ МОДЕЛІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ

Юрчук В.П., професор,  
Кузнецов Ю.М., професор,  
Щетінін Г.Д., студент  
*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,  
(Україна, м. Київ)*

**Ключові слова** — пристрій для автоматичного балансування, диск з радіальними отворами, шліфувальні верстати, конічні пружини, гвинти, металеві кульки.

**Анотація** — актуальним дослідженням в даний час є розробка пристроїв для автоматичного балансування з радіальними отворами, де пружини притиснуті гвинтами і з'єднані з металевими кульками, що рухаються при обертанні валу.

**Постановка проблеми.** Досліджувана конструкція належить до машинобудування і може знайти своє застосування для автоматичного балансування різноманітних швидкообертючих деталей, наприклад валів шліфувальних верстатів, де з часом нерівномірно змінюється маса шліфувального круга за рахунок викидання абразивних частинок, а також шпиндельних вузлів з наступним технологічним дисбалансом, наприклад, з невірноваженою заготовкою.

**Аналіз останніх досліджень.** Так відомий в даний час пристрій для автоматичного балансування, що містить канавки в дисках, де рухаються регульовальні гвинти [а.с. № 90770 Україна, МПК G01M 1/30; заявл. 12.06.2008; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10, 2010 р.]

**Формулювання цілей.** Головним завданням при розробці даної конструктивної моделі є покращення процесу функціонування та автоматизація процесу балансування пристрою за рахунок удосконалення форми головки гвинтів та форми пружин, які концентрують свою дію у радіальних напрямках.

**Основна частина.** Завдяки новому виконанню пристрою, в якому диск з радіальними отворами, де конічні пружини, більший діаметр яких направлений в сторону кульки, притиснуті гвинтами з конічними головками, виконаними впопай, і з'єднані з металевими кульками. При цьому, досягається рівномірне відцентрове автоматичне балансування різноманітних

швидкообертювих деталей, а також концентрація взаємодії пружини і кульки в осьовому напрямку.

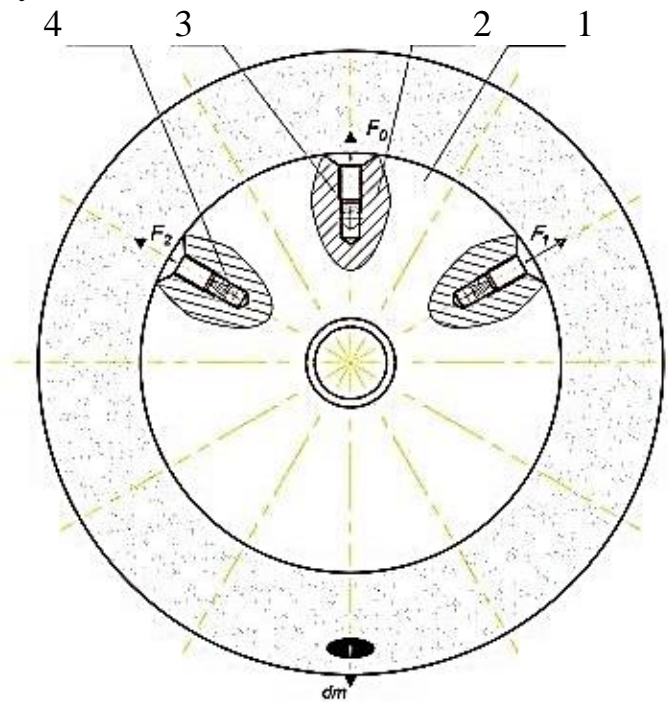


Рис.1 Загальний вигляд пристрою для балансування

Пристрій для автоматичного балансування має диск 1 з радіальними отворами 2, конічні пружини 3 з'єднані з металевими кульками 4 та притиснуті гвинтами з головками, виконаними впотай (Рис.1).

Пристрій для автоматичного балансування працює таким чином. Диск з радіальними отворами закріплюється на швидкообертювій деталі, в даному випадку - циліндричному валу. На металеві кульки, які з'єднані з пружинами, та в свою чергу, притиснуті гвинтами, діє відцентрова сила (Рис.2).

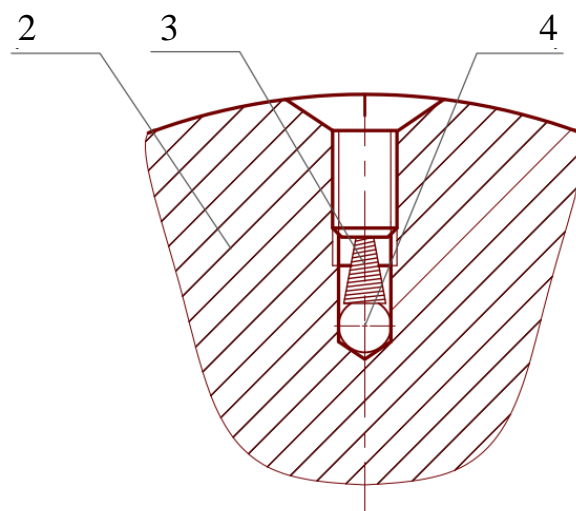


Рис.2.Конструкція окремої частини пристрою

Сили інерції від неврівноваженості шліфувального круга визначаються за наступною формулою:

$$F_{ш} = m_M * f_{ш}^2 * e_{ш},$$

Де:  $m_M$  – маса шліфувального круга;

$f_{ш}$  – кутова частота обертання;

$e_{ш}$  – питомий дисбаланс шліфувального круга.

Ці сили компенсуються балансуванням шліфувального валу, а також кожен шліфувальний круг, який встановлюється на станках, також балансується. Дисбаланс  $dm$  у цих випадках залишається.

При дисбалансі  $dm$ , з'являється нерівномірна відцентрова сила, яка компенсується різною силою відхилення металевих кульок, тим самим забезпечуючи рівномірне обертання валу.

Кількість радіальних отворів на диску залежить від того, на скільки точно потрібно збалансувати вал. Крім того, оскільки гвинти мають головки, які виконані впотай, то сам шліфувальний круг, при виконанні певних спеціальних операцій з мінімальними габаритами самого пристрою, можна насунути, тобто надіти на диск, закривши ним(шліфувальним кругом) отвори з гвинтами. Цим також пояснюється універсальність пристрою для автоматичного балансування.

## ВИСНОВКИ

1.Пропонована корисна модель нескладна у виготовленні та забезпечує повне балансування швидкообертючих деталей, концентруючи відцентрову осьову дію металевих кульок.

2.Оскільки гвинти мають головки, які виконані впотай, то сам шліфувальний круг, при виконанні певних спеціальних операцій з мінімальними габаритами самого пристрою, можна насунути, тобто надягти на диск, закривши ним (шліфувальним кругом) отвори з розміщеними в них гвинтами.

## *Бібліографічний список*

1.Патент [а.с. № 90770 Україна, МПК G01M 1/30; заявл. 12.06.2008; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10, 2010 р.]

2.Патент [а.с. № 60848 Україна, МПК G01M 1/38; заявл. 29.12.2010; опубл. 25.06.2011. Бюл. № 12, 2011 р.]

3.Патент [а.с. №4075909 США, МПК F16F 15/32; заявл. 29.01.1976; опубл. 28.02.1978]

## ЗМІСТ

<b>СУЧАСНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПЕРЕД СІВБОЮ ТЕХНІЧНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР</b>	
Ванін В.В., д. т. н., професор, Волоха М.П., д. т. н., зав. лабораторії, Юрчук В.П., д. т. н., професор, Кісілевська М.О., ст. н. с.....	3
<b>PARAMETRIZATION OF ELECTRONIC DRAWING DETAILS "CAP NUT"</b>	
Gnitetska Tetiana., Ph.D., Associate Professor, Gnitetska Galina., Ph.D., Associate Professor, Procel Chicaiza Roberth Anthony, Student. ....	8
<b>ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «ЕСКІЗИ, РОБОЧІ КРЕСЛЕНИКИ ДЕТАЛЕЙ» З КУРСУ «ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»</b>	
Колосова О.П., к.т.н., доцент; Баскова Г.В., ст. викладач.....	12
<b>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЬЕВ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ШЕСТЕРЕН</b>	
Козулин С.М., к.т.н., , Подыма Г.С., ст. преподаватель .....	16
<b>ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТИЧНИХ ВОД НА ТЕС ТА ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ</b>	
Надкернична Т. М., ст. викладач, Лебедева О.О., ст.викладач, Беднарська Я. С. ....	22
<b>ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ РІЗНОВИДІВ КОЛУНІВ ТА ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЯ</b>	
Кувшинов О. В., студент; Кубрак М. В., студент; Юрчук В.П., д.т.н., Вознюк Т.А., ст.викл.....	25
<b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНИКА ДЛЯ ВИНАЧЕННЯ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ДВОХ ПОВЕРХОНЬ</b>	
Демчук М.М., Юров М.С., студент, Білицька Н.В., к.т.н., доц., Гетьман О.Г., к.т.н., доц. ....	30
<b>ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА СФЕР ПРИ ПОБУДОВІ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ДВОХ КРИВИХ ПОВЕРХОНЬ</b>	
Гнатенко А.В., студент, Пасека С.М., студент, Яйченя А.М., студент, Гетьман О.Г., к.т.н., доц., Мартиненко Г.С., асистент. ....	36
<b>ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «КОМПАС» ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТВЕРДОТІЛЬНИХ СКЛАДАННИХ ОДИНИЦЬ</b>	
Євтушок В.А., Сухенко В.К., Білицька Н.В., к.т.н., доц., Мартиненко Г.С., асистент. ....	43
<b>A BRIEF LOOK ON THE AMBIGUOUS DESCRIPTIVE GEOMETRY</b>	
Putiatin R.O., student Yurchuk V.P., doctor of physical and mathematical sciences. ....	51
<b>ЗЛІТАТИ В ПОВІТРЯ ЯК ПТАХ – НАЙДАВНІША МРІЯ ЛЮДИНИ</b>	
Воробйов М. студент; Куценко Л.М., д.т.н., професор; Юрчук В.П., д.т.н., професор.....	56
<b>ПОБУДОВА ОБВОДІВ ЛІТАКА КРИВИМИ ДРУГОГО ПОРЯДКУ</b>	
Коробко І. В., д.т.н., проф., Мельник О. В., технік ІАТ, Юрчук В.П., д.т.н., проф., Якименко В. Ю., магістр ІАТ.....	59
<b>ПОБУДОВА ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ PUTHON</b>	
Авдієнко М.О., студентка ФМФ, Яблонський П.М., к.т.н., доцент.....	63

<b>РЕСУРСОЩАДНИЙ ДЕВАЙС ДЛЯ ВАННОЇ</b>	
Загорулько І. В.....	68
<b>ДО ПИТАННЯ ПЕРЕДАЧІ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ НА ПЛОЩИНІ</b>	
Герасименко Я.В., студент, Косінська А.А., студентка, Баскова Г.В., старший викладач, Міхлевська Н.В., старший викладач.....	73
<b>СТУДЕНТСЬКА ОЛІМПІАДА ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ З КУРСУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ</b>	
Коваль Г.М., к.т.н., доцент, Лугін Д.М., студент.....	78
<b>ЕТАПИ РОЗРОБКИ ТА ДРУКУ 3D-ДЕТАЛІ НА ПРИКЛАДІ ШЕСТЕРНІ</b>	
Вельганюк Д.М., студент, Грубич М.В., асистент.....	83
<b>ВПЛИВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ НА РОЗВИТОК ПРОСТОРОВОЇ УЯВИ</b>	
Надкернична Т. М., старший викладач, Лебедева О.О., старший викладач, Малащенко Є. О., студент гр. ФФ-01, ФТІ.....	86
<b>УПРАВЛІННЯ ФОРМОЮ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНОЇ КРИВОЇ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДІАГРАМИ КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА</b>	
Козловський А.Г., аспірант, Березницький Н.О., студент, Юрчук В.П., д.т.н., професор.....	90
<b>ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКЦІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ ТОЧКИ НА ПЛОЩИНІ</b>	
Грубич М.В., асистент, Павлюченко Л.В., викладач, Юрчук Ю.В., ліцеїст.....	94
<b>РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ МОДЕЛІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ</b>	
Юрчук В.П., професор, Кузнецов Ю.М., професор, Щетінін Г.Д., студент.....	97

## Алфавітний покажчик

Gnitetska Galina .....	8	Колосова О.П. ....	12
Gnitetska Tetiana .....	8	Коробко І. В. ....	59
Putiatin R.O. ....	51	Косінська А.А. ....	73
Yurchuk V.P. ....	51	Кубрак М. В. ....	25
Авдієнко М.О. ....	63	Кувшинов О. В. ....	25
Баскова Г.В. ....	12, 73	Кузнєцов Ю.М. ....	97
Беднарська Я. С. ....	22	Куценко Л.М. ....	56
Березницький Н.О. ....	90	Лебедева О.О. ....	22, 86
Білицька Н.В. ....	30, 43	Лугін Д.М. ....	78
Ванін В.В. ....	3	Малашенко Є. О. ....	86
Вельганюк Д.М. ....	83	Мартиненко Г.С. ....	36, 43
Вознюк Т.А. ....	25	Мельник О. В. ....	59
Волоха М.П. ....	3	Міхлевська Н.В. ....	73
Воробйов М. ....	56	Надкернична Т. М. ....	22, 86
Герасименко Я.В. ....	73	Павлюченко Л.В. ....	94
Гетьман О.Г. ....	30, 36	Пасека С.М. ....	36
Гнатенко А.В. ....	36	Подыма Г.С. ....	16
Грубич М.В. ....	83, 94	Сухенко В.К. ....	43
Демчук М.М. ....	30	Щетінін Г.Д. ....	97
Євтушок В.А. ....	43	Юров М.С. ....	30
Загорулько І. В. ....	68	Юрчук В.П. ....	3, 25, 56, 59, 90, 97
Кісільська М.О. ....	3	Юрчук Ю.В. ....	94
Коваль Г.М. ....	78	Яблонський П.М. ....	63
Козловський А.Г. ....	90	Яйченя А.М. ....	36
Козулін С.М. ....	16	Якименко В. Ю. ....	59