

В.В. Ніколаєв // Вісник Технологічного університету Поділля № 4. Част.1 „Технічні науки”. – Хмельницький, 2002. – С. 154-156.

Л.С. СЕРИЛКО, В.А. ЩУРЫК, Л.В. ВОЙТОВЫЧ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ПРОГРАММЫ «MACROMEDIA FLASH» ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Резюме. Приведены результаты внедрения мультимедийной технологии «MACROMEDIA FLASH» при изучении курса теоретической механики на кафедре теоретической механики, инженерной графики и машиноведения НУВХП.

Ключевые слова: теоретическая механика, визуализация, мультимедиа, «MACROMEDIA FLASH», анимационная модель.

L.S. SERILKO, V.O. SHCHURYK, L.V. VOITOVYCH. USING MULTIMEDIA APPLICATIONS «MACROMEDIA FLASH» AT INDEPENDENT STUDY OF THEORETICAL MECHANICS

The summary. The results of the introduction of multimedia technology «MACROMEDIA FLASH» the study course at the department of theoretical mechanics theoretical mechanics, engineering graphics and Machine NUWM.

Key words: theoretical mechanics, imaging, multimedia, «MACROMEDIA FLASH», animation model.

Рекомендовано до друку.

Д-р. пед. наук, проф. І.С. Войтович.

Одержано редакцією 13.03.2017 р.

УДК: 378.147

А.М. ШОСТАЧУК, Д.М. ШОСТАЧУК

**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЕТАПІВ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ ПЛОСКИХ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ
У КУРСІ «ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН»**

Резюме. У статті обґрунтовано необхідність застосування геометричного моделювання для удосконалення методики викладання дисципліни «Теорія механізмів і машин». На прикладі структурного аналізу плоского важільного механізму показано деталізацію процесу утворення механізму шляхом демонстрації кінематичних ланцюгів, які утворюються на проміжних етапах. Зроблено висновок про доцільність використання детальної візуалізації при розв'язуванні інших задач курсу: синтез механізмів, кінематичний та силовий аналіз, тощо.

Ключові слова: структурна група, механізм, структурний аналіз, візуалізація, геометричне моделювання.

Постановка проблеми. Особливістю інженерної освіти є те, що студенти протягом всього процесу навчання працюють з графічною інформацією, її значення зростає при формуванні професійної компетентності майбутнього інженера-механіка. В процесі засвоєння студентами технічних спеціальностей навчального матеріалу із загальноінженерних дисциплін необхідно, в першу чергу, забезпечувати чітке розуміння основних понять, на яких в подальшому ґрунтується викладення матеріалу в курсі «Теорія механізмів і машин». Такими поняттями є ланка, кінематична пара, кінематичний ланцюг, структурна група (група Ассура), механізм, тощо. Важливість правильного розуміння, зокрема, структурної групи пояснюється не тільки тим, що з'єднання їх утворює механізм, а і тим, що при кінематичному та силовому розрахунку механізмів об'єктом розгляду є саме структурні групи, як статично визначені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більш дослідженими і розробленими є сьогодні методики застосування різноманітних пакетів прикладних програм (систем автоматизованого проектування) для підготовки майбутніх інженерів з графічної підготовки, під якою розуміють спеціально організований педагогічний процес, спрямований на розвиток інженерно-конструкторських знань, умінь і навичок майбутніх технічних фахівців. Наприклад, Г.О. Райковською в роботі [4, 206-285] розглянуто засади графічної підготовки майбутніх інженерів-механіків за допомогою інформаційних технологій, результати дослідження впроваджено в навчальний процес. Таким чином, студенти розпочинають вивчення дисципліни «Теорія механізмів і машин» вже підготовленими як з точки зору розуміння креслеників і схем, виконаних за допомогою САПР, так і з точки зору здатності самим виконувати подібні схеми та кресленики. Також дані системи вже використовуються при проведенні практичних занять в курсі «Деталі машин». Є.М. Кудрявцевим в роботі [5, 335-393] представлено системи для моделювання механічних систем та механічних передач. Але методи викладання дисципліни «Теорія механізмів і машин» залишаються незмінними вже протягом багатьох десятиліть. Враховуючи складність даного навчального курсу для студентів, як його графічної складової, так і математичного апарату, а також розвиток САПР і його застосування в початковому процесі при викладанні інших загальноінженерних дисциплін, вважаємо необхідним розробку методики геометричного моделювання для розв'язування задач теорії механізмів і машин.

Проведений аналіз науково-методичної літератури показав, що в деяких нових підручниках та посібниках питання структурного аналізу займають значно менше місця, що, на наш погляд, не є обґрунтованим, оскільки поняття структурної групи є одним з основних в курсі теорії механізмів і машин, особливо, враховуючи тенденцію до подальшого ускладнення механізмів, підвищення вимог до точності перетворюваних ними рухів, розширення області впровадження роботизованих систем і комплексів, у тому числі й в умовах, де людина не може працювати, або які є шкідливим для її здоров'я. Тому проблема формування у студентів чітких понять про структурну групу, про порядок проведення структурного аналізу механізмів і, в подальшому, пов'язаного з ним структурного синтезу механізмів, є недостатньо вивченою. Зокрема, М.З. Коловський із співавторами в роботі [8, 31] розглядає питання структурного синтезу на прикладі незмінної кінематичної схеми механізму без поетапного дослідження утворених механізмів та без

аналізу можливих варіантів. В.В. Бурлака та інші у підручнику з теорії механізмів і машин [2, 38] при розгляді структурного аналізу плоских механізмів розглядають можливі варіанти формули будови механізму в залежності від обраного механізму I класу, але без розгляду та аналізу проміжних механізмів та їх ступенів рухомості. Аналіз утворених проміжних механізмів зручно робити саме засобами геометричного моделювання.

О.П. Заховайко в підручнику з теорії механізмів і машин [1, 25] при розгляді структурного синтезу механізмів головну увагу приділяє структурній класифікації механізмів та класифікації за функціональною ознакою, пропонуючи класифікацію структурних груп не тільки за І.І. Артоболовським, як в більшості сучасних підручників, а й за Л.В. Ассуром, тільки побіжно зазначаючи, що вибір початкового механізму може впливати на формулу будови та клас механізму.

Своїми задачами автори Н.І. Наумкін, І.В. Раков, В.Ф. Купряшкін в підручнику [6, 64] досить повно, на наш погляд, визначили його цілі: навчити студентів загальним методам дослідження та проектування механізмів, розумінню загальних принципів реалізації руху за допомогою механізмів, знаходженню оптимальних параметрів механізмів, виходячи з умов їх роботи, наголошуючи на поєднанні фундаментальних знань з професійними вміннями. Методи пояснення теоретичного матеріалу залишаються традиційними, без використання методів геометричного моделювання. Я.Т. Кіницьким у роботі [3, 6] при розгляді структури та класифікації механізмів також не приділено достатньо уваги аналізу проміжних механізмів, розрахунку їх ступенів рухомості, пошуку інших формул будови механізму.

В наукових роботах, як правило, застосування геометричного моделювання має допоміжний характер і є досить обмеженим. Очевидно, це пояснюється, в першу чергу, пошуком результату за допомогою аналітичних виразів та, апріорі, достатньо високим рівнем науковців, для яких призначені наукові публікації з теорії механізмів. Хоча часто структури складних механізмів, які розглядаються в даних роботах, також потребують наглядних представлень засобами геометричного моделювання. Наприклад, в роботі В.І. Пожбелка [7, 74] для показу замкнутого геометричного ланцюга шестиланкового просторового шарнірного механізму використовується плоский малюнок, який значно утруднює бачення просторового механізму та його дозволених рухів, які формально суперечать відомій формулі Сомова-Малишева. В.М. Третьяков в роботі [9, 204] використав детальний розгляд геометричних інтерпретацій механізму при демонстрації різновидів виконань вузлів механізму, що значно полегшило розуміння тексту статті.

Метою даної статті є обґрунтування впровадження в навчальний процес нових методик, які полягають у застосуванні комп'ютерних технологій, зокрема, геометричного моделювання для більш ясного і зрозумілого сприйняття студентами процесу структурного аналізу механізмів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні пакети прикладних програм дають можливість зробити пояснення етапів структурного аналізу (і, далі, структурного синтезу) більш наочним і розробленим детально, тобто покроково, розглянути інші можливі варіанти аналізу і, таким чином, закріпити поняття як структурної групи, так і послідовність виконання етапів структурного аналізу механізмів. Часто при утворенні плоских важільних механізмів застосовують структурні групи 2-го класу, які візуально співпадають з кінематичними парами 5-го класу. Крім того, механізм, як правило, складається з кількох структурних груп, які можуть, до того, мати різний клас. Тому виокремлення структурних груп механізму та визначення їх класу представляє часто для студентів значні складнощі. Крім того, при виборі різних ланок в якості вхідної можуть бути отримані різні формули будови механізму, тобто може спостерігатися зміна складу структурних груп, їх класів, а, значить, змінюється і клас усього механізму, і методи його розрахунку. Таку велику кількість можливих варіантів структурної побудови досить важко уявити при розгляді статичної кінематичної схеми механізму, враховуючи новизну для студентів таких понять, як кінематична пара, структурна група, механізм I-го класу тощо.

В сучасних підручниках та навчальних посібниках механізм розглядається як такий, що складається з одного чи кількох механізмів I класу та структурних груп. Структурний аналіз при цьому механізму здійснюють в наступному порядку:

- 1) підраховують рухомі ланки механізму, кінематичні пари та визначають їх класи;
- 2) визначають ступінь рухомості механізму;
- 3) вибирають один або кілька механізмів I класу;
- 4) розбивають кінематичний ланцюг, в якому відсутні механізми I класу, на структурні групи;
- 5) складають формулу будови механізму;
- 6) будують структурну схему механізму.

Візуальну деталізацію при структурному аналізі механізмів розглянемо на прикладі плоского важільного механізму, зображеного на рис.1. Якщо взяти, як показано, в якості механізму I класу кінематичне з'єднання ланок 0 і 1 (кінематична пара O_1), то формула будови механізму буде мати вигляд:

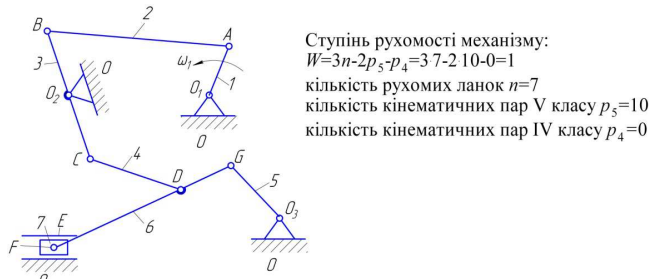
$$I(0,1) \rightarrow II(2,3) \rightarrow III\left(\frac{6}{4,7,6}\right)$$

Тобто механізм буде утворюватись приєднанням до механізму I класу однієї структурної групи II класу і однієї структурної групи III класу. Але, якщо взяти в якості механізму I класу кінематичне з'єднання ланок 0 і 5, то структурна формула такого механізму буде іншою:

$$I(0,5) \rightarrow II(6,7) \rightarrow II(4,3) \rightarrow II(2,1)$$

Таким чином, механізм буде складатись з механізму I класу та трьох структурних груп II класу. Отже і методи кінематичного та силового розрахунків будуть іншими.

Студенти, для яких поняття структурної групи та їх класифікація є новими, мають труднощі при проведенні структурного аналізу подібних механізмів, не говорячи про механізми більших класів, або які утворені більшою кількістю ланок.



Ступінь рухомості механізму:
 $W=3n-2p_5-p_4=3 \cdot 7-2 \cdot 10-0=1$
 кількість рухомих ланок $n=7$
 кількість кінематичних пар V класу $p_5=10$
 кількість кінематичних пар IV класу $p_4=0$

Рис.1. Кінематична схема плоского важільного механізму для розв'язання задачі структурного аналізу

Спочатку в якості такого механізму обрано кінематичне з'єднання нерухокої ланки 0 (стояк) та кривошипа 1, який здійснює повний оберт навколо власної осі. Далі, до механізму I класу приєднуємо кінематичний ланцюг, який складається з ланок 2 і 3. Кількість ланок даного кінематичного ланцюга дорівнює двом, крім того, ланки 2 і 3 утворюють 3 кінематичні пари V класу, тоді даний кінематичний ланцюг представляє собою структурну групу II класу зі ступенем рухомості: $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$. Тобто можна приєднати цей кінематичний ланцюг (структурну групу), не змінюючи ступінь рухомості всього механізму. На рис. 2, а показано схему приєднання механізму I класу та структурної групи II класу. Зокрема, штриховими лініями з'єднано точки механізму, які співпадуть після утворення механізму II класу.

Тому для полегшення розуміння студентами процесу розбиття механізму на структурні групи пропонується представляти поетапно весь процес приєднання до механізму I класу тих структурних груп, які було виділено при структурному аналізі механізму. В ході такого послідовного приєднання буде видно справедливості чи, навпаки, хибності виділення тих чи інших кінематичних ланцюгів в якості структурних груп.

На рис. 2 представлено запропонований вище алгоритм пояснення структурної формули розглянутого вище плоского важільного механізму. На першому етапі необхідно вибрати ланки, які утворюють механізм I класу.

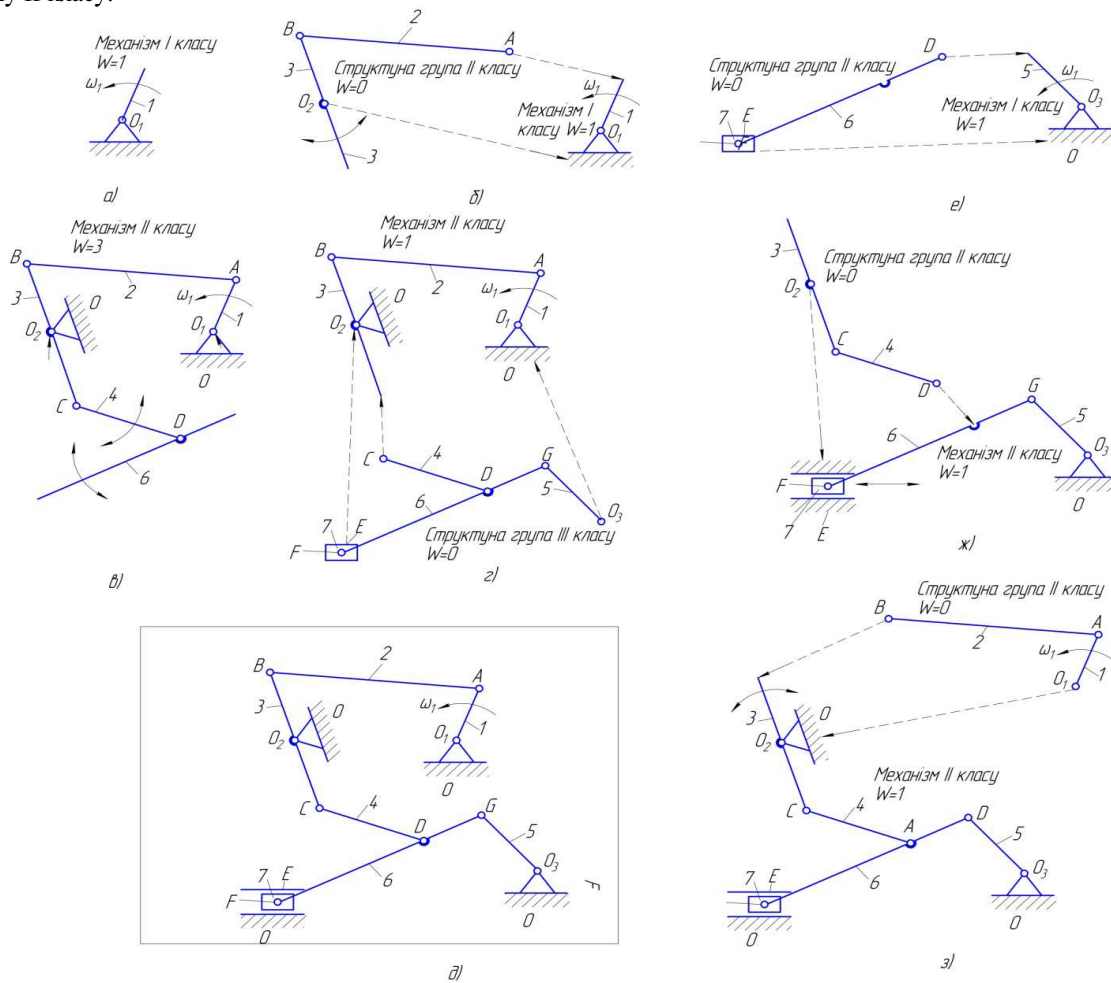


Рис.2. Утворення плоского важільного механізму приєднанням структурних груп залежно від обраного механізму I класу

При проведенні структурного аналізу студенти часто роблять помилки, вважаючи, що стояк, який утворює кілька кінематичних пар, представляє собою різні ланки. Тому, щоб підкреслити, що стояк, скільки б кінематичних пар він не утворював, є одна і та ж сама ланка, на рис. 2, б кінематичну пару O_2 з'єднують зі стояком кінематичної пари O_1 , хоча конструктивно ці кінематичні пари далі будуть рознесені, як це показано далі на рис. 2, в, г. Крайня точка ланки 3 при цьому буде здійснювати, як показано, коливальний рух. Далі, з 4-х ланок, які залишилися, можна, апіорі, приєднати або дві, або всі чотири, оскільки структурна група складається з парної кількості ланок.

Хоча кінематичне з'єднання ланок 4 та 6 представляє собою структурну групу II класу, приєднувати їх до вже утвореного механізму II класу є недопустимим, оскільки отримуємо невизначене положення ланок 4 та 6 (перша з них отримає коливальний рух навколо точки C, друга – навколо точки D). Ступінь рухомості такого механізму буде дорівнювати: $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 6 = 3$. Описаний вище випадок представлено на рис.2. в. Тому далі показано приєднання

структурної групи III класу (рис.2. г), яка складається з чотирьох ланок, одна з яких (ланка 6) є базовою, тобто вона утворює три кінематичні пари з іншими ланками 4, 5 та 7.

Як було зазначено вище, обрання в якості механізму I класу інших ланок (наприклад, 0 і 5) обумовлює іншу формулу будови механізму. Цей випадок представлено на рис. 2, е – 2, з. На рис. 2, е показано механізм I класу та структурну групу II класу, яка буде приєднана першою. Отримаємо механізм II класу. Далі приєднуємо структурну групу II класу, яка складається з ланок 4 та 3, причому точка В не належить ланці 3. На цьому необхідно окремо наголошувати, тому що часто студенти помилково приєднують шарнір В до ланки 3 або до ланок 2 та 3 одночасно. Після приєднання структурної групи, що складається з ланок 3 та 4 вихідною є ланка 3, яка здійснює цілком визначений коливальний рух відносно точки O_2 . При поясненні структурного аналізу використання механізмів, подібних до розглянутого, є корисним з тієї причини, що має місце можливість роз'яснити студентам можливе існування різних формул будови для одного і того ж механізму, а також те, що вибір тієї чи іншої структурної формули залежить від обрання ланок, які будуть утворювати механізм I класу. Також можна показати, що в якості вхідної ланки можна вибрати ланку 3 чи ланку 7, відповідно іншими будуть і формули будови даного механізму.

Таким чином, можемо зробити **висновок**, що обґрунтовано необхідність застосування геометричного моделювання при викладанні курсу «Теорія механізмів і машин», оскільки при розв'язанні задач структурного аналізу, крім математичного апарату велике значення мають графічні зображення механізмів та їх складових (окремих ланок, кінематичних пар, структурних груп, тощо). На прикладі плоского важільного механізму розглянуто методику вивчення структурного аналізу таких механізмів та показано необхідність візуалізації кожного етапу структурного аналізу механізмів. Показано, що більш широке застосування геометричного моделювання в курсі «Теорія механізмів і машин» сприяє не тільки більш глибокому розумінню навчального матеріалу, а і розвитку творчих здібностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заховайко О.П. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів спеціальності «Динаміка і міцність машин» / О.П. Заховайко. – К: НТУУ «КПІ», 2010. – 242 с.
2. Основи теорії механізмів і машин: [курс лекцій. підручник] / В.В. Бурлака, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тищенко. – Харків, 2009. – 340 с.
3. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин: короткий довідник для студентів інженерно-технічних спеціальностей / Я.Т. Кіницький. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 59 с.
4. Райковська Г.О. Теоретико-методичні засади графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інформаційних технологій. дис. доктора пед. наук: 13.00.04 / Г.О. Райковська. – К., 2011. – 433 с.
5. Кудрявцев Е.М. КОМПАС-3D. Моделирование, проектирование и расчет механических систем / Е.М. Кудрявцев. – М: ДМК Пресс, 2008. – 400 с.
6. Наумкин Н.И. Теория механизмов и машин и ее приложение в АПК: учебник / Н.И. Наумкин, И.В. Раков, В.Ф. Купряшкин // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №5. – С. 64-65.
7. Пожбелко В.И. Метод системного структурного анализа подвижности плоских и пространственных механизмов в определенном пространстве их движений / В.И. Пожбелко // Теория механизмов и машин. – Том 12. – 2014. – №1(23). – С. 70-80.
8. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов, А.В. Слоущ. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 560 с.
9. Третьяков В.М. Унификация звеньев при структурном синтезе механизма / В.М. Третьяков // Теория механизмов и машин. – Том 14. – 2016. – №4(32), С. 202-210.

А.Н. ШОСТАЧУК, Д.Н. ШОСТАЧУК. ВИЗУАЛІЗАЦІЯ ЕТАПІВ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗА ПЛОСКИХ РЫЧАЖНИХ МЕХАНІЗМІВ В КУРСЕ «ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН»

Резюме. В статті дано обґрунтування необхідності застосування геометричного моделювання для удосконалення методики викладання дисципліни «Теорія механізмів і машин». На прикладі структурного аналізу плоского важільного механізму показана деталізація процесу створення механізму шляхом демонстрації кінематичних ланок, які створюються на проміжних етапах. Сделан вывод о необходимости использования детальной визуализации при решении других задач курса: синтез механизмов, кинематический и силовой анализ и т. п.

Ключевые слова: структурная группа, механизм, структурный анализ, визуализация, геометрическое моделирование.

A.M. SHOSTACHUK, D.M. SHOSTACHUK. VISUALIZATION OF THE STAGES OF FLAT LEVER MECHANISMS STRUCTURAL ANALYSIS IN THE COURSE «THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES»

The summary. The substantiation of necessity of geometrical modeling application for improvement of teaching techniques of the discipline «Theory of mechanisms and machines» is presented in the article.

The details of the process of mechanism creating is shown on the example of the structural analysis of a flat lever mechanism by the demonstration of the kinematic chains that are created at intermediate stages.

The conclusion is made about the need of using detailed visualization in solving the other tasks of the course: synthesis of mechanisms, kinematic and force analysis etc.

Key words: structural group, mechanism, structural analysis, visualization, geometric modeling.

Рекомендовано до друку.
Канд. пед. наук, проф. М.С. Янцур.

Одержано редакцією 10.03.2017 р.