

**Г.В. Пасов**, доц., канд. техн. наук, **В.І. Венжега**, доц., канд. техн. наук,

**А.В. Кологойда**, доц., канд. техн. наук

*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна*

*e-mail: genapasov@gmail.com, vivenzhega@gmail.com, k.y.v.immortal@gmail.com*

## Вивчення роботи механізмів, які працюють у автомобілебудуванні із застосуванням анімаційного симулятора

В статті запропоноване використання в учбовому процесі анімаційного симулятора для вивчення роботи різноманітних вузлів та механізмів. Симулятор дозволяє вивчати роботу різноманітних вузлів та механізмів кульково-гвинтових, рейкових, мальтійських механізмів, механізмів періодичного обертального руху при виконанні лабораторних робіт, дозволяє краще зрозуміти процес, а також є більш наочним. Проте в даній програмі не можна робити інтерактивне їх керування (наприклад, змінювати геометричні параметри, швидкісні характеристики та інше). В подальшому планується удосконалення цього симулятора.

**навчальний процес; кульково-гвинтова, рейкова, черв'ячно-рейкова, зубчаста передачі; симулятор**

**Постановка проблеми.** Будь яка машина, агрегат, автомобіль, верстат складається з вузлів та окремих деталей, які необхідні для виконання ними службових функцій. Для реалізації різноманітних рухів: обертальних, прямолінійних, періодичних та інших, а також перетворення одних видів рухів в інші (наприклад обертальних в прямолінійні, постійних в періодичні та навпаки, зі зміною кінематичних показників) в машинах присутні різноманітні механізми. Це можуть бути кульково-гвинтові передачі, мальтійські механізми, зубчасті сектори, рейкові, черв'ячно-рейкові та інші. Одними з навчальних освітніх компонент, які саме займається цими механізмами, є “Деталі машин”, “Деталі машин та підйомно-транспортне обладнання” та інші учбові дисципліни.

Одним з засобів, які використовуються у сучасному учбовому процесі є дуже розповсюджене використання комп'ютерної техніки. Проте ще потрібно мати й відповідне програмне забезпечення. Використання у навчальному процесі спеціального програмного забезпечення, наприклад, імітаційних моделей з можливістю анімації досліджуємих явищ дозволяє застосовувати їх при виконанні лабораторних робіт з різноманітних навчальних дисциплін. Наприклад, досліджувати різноманітні процеси у теорії різання, теорії автоматичного керування, гідравліці, при складанні керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням та інше.

Тому анімаційне моделювання різноманітних механізмів – це важлива задача.

Освіта є основою будь-якого суспільства, як у минулому так і сучасному. В процесі вивчення різноманітних навчальних освітніх компонент можуть використовуватись різноманітні джерела інформації: підручники, навчальні посібники, збірники статей та тез конференцій, Інтернет ресурси тощо. В теперішній час актуальним є використання спеціальних імітаційних, анімаційних програмних продуктів при навчанні та вивченні різних учбових дисциплін [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Здобувачі вищої освіти технічних та будь-яких інших спеціальностей повинні бути присутніми на різнопланових структурних учбових елементах: лекціях, лабораторних та практичних заняттях. На цих заняттях, як правило, часто використовують двовимірні та тривимірні зображення: рисунки різноманітних машин, конструкцій, процесів та інше [2-5]. Для кращого розуміння процесу роботи різноманітних явищ використовують комп'ютери та відповідні програмні продукти, що надають навчальному процесу більш інтенсивного та інтерактивного змісту [6-10].

Здобувачі вищої освіти напрямів навчання “Галузеве машинобудування” та “Автомобільний транспорт” вивчають такі дисципліни як “Деталі машин”, “Деталі машин та підйомно-транспортне обладнання”. Окрім теорії їм необхідно отримати ще й практичні навички, які здобувачі одержують на лабораторних заняттях.

При виконанні лабораторних робіт здобувачам вищої освіти необхідно використовувати передові інформаційні технології, наприклад, анімаційний симулятор, який дозволяє вивчати різноманітні механізми для утворення обертового, прямолінійного, періодичного та інших рухів, які здійснюються у різноманітних механізмах машинобудівельного та автомобілебудівельного напрямів сучасного виробництва.

**Постановка завдання.** Таким чином, метою роботи є пропозиція використання в учбовому процесі анімаційного симулятора для вивчення роботи різноманітних вузлів та механізмів.

**Виклад основного матеріалу.** В Національному університеті “Чернігівська політехніка” на кафедрі автомобільного транспорту та галузевого машинобудування при вивченні навчальних дисциплін “Деталі машин та підйомно-транспортне обладнання” здобувачам напряму навчання “Автомобільний транспорт”, “Деталі машин” здобувачам напряму навчання “Галузеве машинобудування”, “Обладнання та транспорт механоскладальних цехів” здобувачам напряму навчання “Технологія машинобудування”, запропоновано використовувати навчальний симулятор для вивчення роботи різноманітних механізмів, які працюють у вузлах автомобілів, металообробних верстатів, промислових роботів та іншому машинобудівельному обладнанні.

Під час розробки анімаційного моделювання роботи: кульково-гвинтової передачі для створення прямолінійного поступального руху, мальтійських та секторних механізмів для створення реверсивного, обертального руху, рейкових та черв'ячно-рейкових механізмів для створення прямолінійного поступального руху було використано сучасний програмний продукт “3Ds Max”.

Програмний продукт призначений для імітаційного виконання лабораторних робіт з дисциплін: “Деталі машин”, “Деталі машин та підйомно-транспортне обладнання”, “Обладнання та транспорт механоскладальних цехів” та інших, де вивчають будову та роботу різноманітних вузлів та агрегатів. Запропонована методика виконання лабораторних робіт в оболонці комп'ютерної програми передбачає вивчення кульково-гвинтової передачі для створення прямолінійного поступального руху, мальтійських та секторних механізмів для створення реверсивного, обертального руху, рейкових та черв'ячно-рейкових механізмів для створення прямолінійного поступального руху.

Для початку роботи з симулятором потрібно запустити файл “SimulatorDETAIL MASHIN.exe”. Після запуску програми на екрані з'являється “Меню” (рис. 1), з якого користувач може вибрати ті дії, які йому необхідні в даний момент: “Кульково-

гвинтова передача”, “Мальтійський механізм”, “Зубчастий секторний механізм”, “Рейковий механізм” “Черв’ячно-рейковий механізм”.

Для перетворення обертального руху в поступальний існує велика кількість різноманітних механізмів. Найбільш розповсюдженими серед них є гвинтові (кульково-гвинтові) передачі. При цьому реалізуються різні варіанти перетворення руху. У першому варіанті гвинт обертається, а гайка разом з робочим органом рухається поступально (рис. 2). У другому варіанті гвинт нерухомий, а гайка обертається та разом з робочим органом здійснює поступальний рух (рис. 3). У третьому варіанті гайка нерухома, а гвинт обертається та одночасно разом з робочим органом робить поступальний рух (рис. 4). У четвертому варіанті гайка отримує обертальний рух, а гвинт разом з робочим органом має поступальний рух (рис. 5).

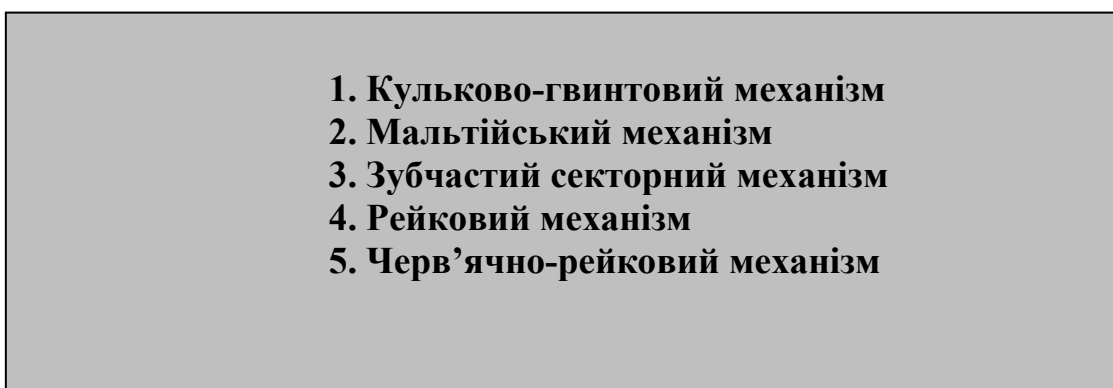


Рисунок 1 – Вибір з запропонованого меню механізмів для вивчення

*Джерело розроблено авторами*

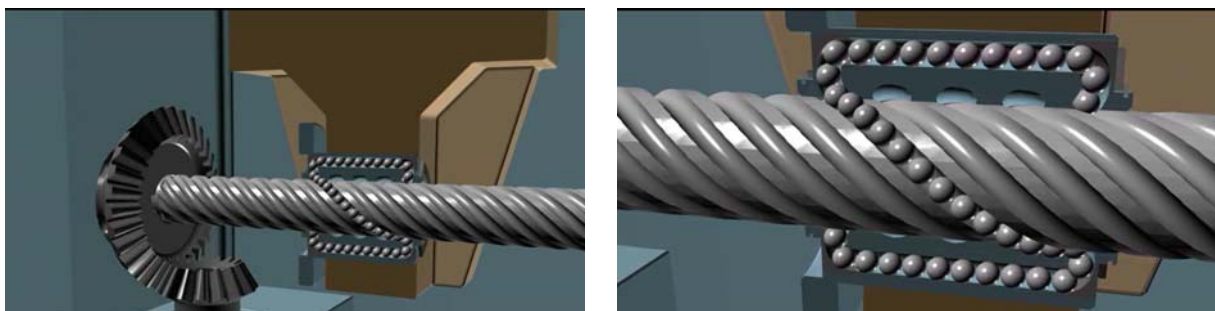


Рисунок 2 – Гвинт обертається, гайка переміщується поступально

*Джерело розроблено авторами*

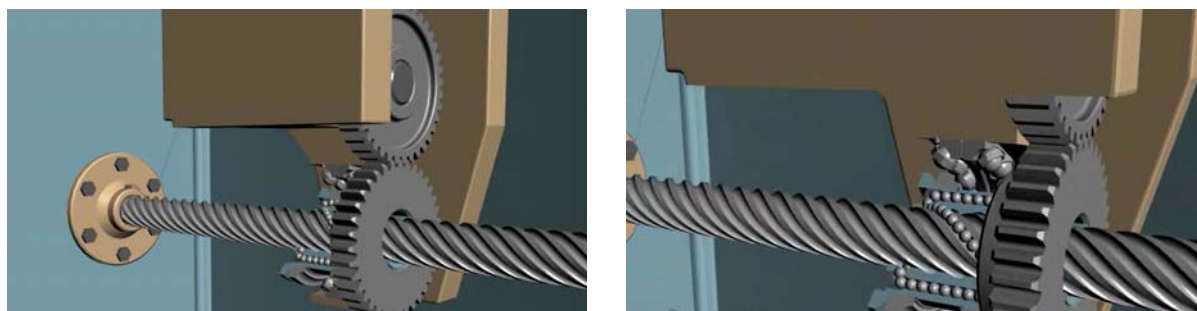


Рисунок 3 – Гвинт нерухомий, гайка обертається і переміщується поступально

*Джерело розроблено авторами*



Рисунок 4 – Гвинт обертається і переміщується поступально, гайка нерухома  
Джерело розроблено авторами

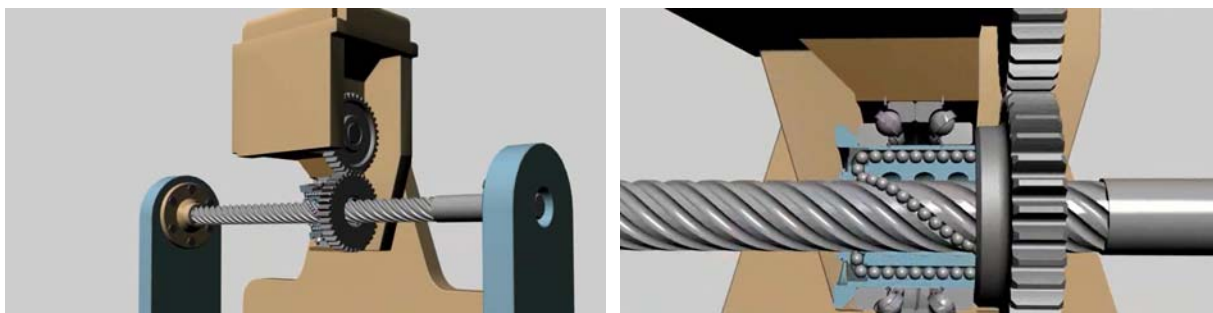
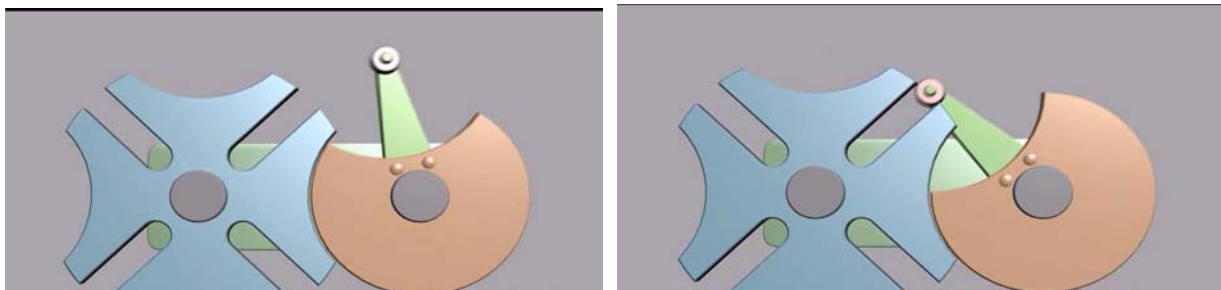


Рисунок 5 – Гвинт переміщується поступально, гайка обертається не переміщуючись  
Джерело розроблено авторами

У машинобудуванні для повороту багатопозиційних робочих органів з однієї позиції в іншу найчастіше застосовують мальтійські механізми. Чотирипозиційний мальтійський механізм (хрест) з одним кривошипом (рис. 6) може використовуватись для періодичного повороту. Механізм працює таким чином. Здійснюється рівномірне обертання кривошипа, при цьому закріплений на ньому ролик, у визначений момент входить в один з чотирьох пазів мальтійського хреста, повертаючи його на кут  $90^\circ$ . Таким чином, за кожен повний оберт кривошипа вал, на якому закріплений мальтійський хрест, здійснює тільки  $1/4$  оберту. Диск, який жорстко зв'язаний із кривошипом, використовується для фіксації положення мальтійського хреста в кожній з чотирьох його позицій.

Шестипозиційний мальтійський механізм з одним або двома роликами (рис. 7) також може бути використаний для періодичного повороту. При встановленні на кривошипному диску другого ролика дозволяє в разі потреби збільшити кут повороту мальтійського хреста в два рази.



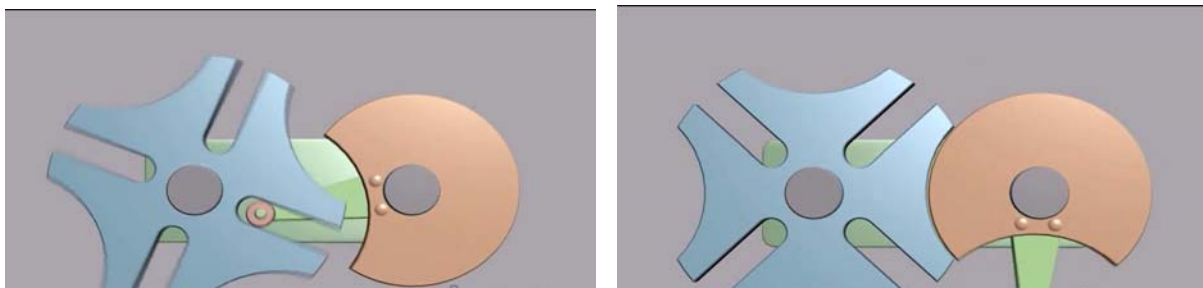


Рисунок 6 – Чотирьохпозиційний мальтійський механізм  
*Джерело розроблено авторами*

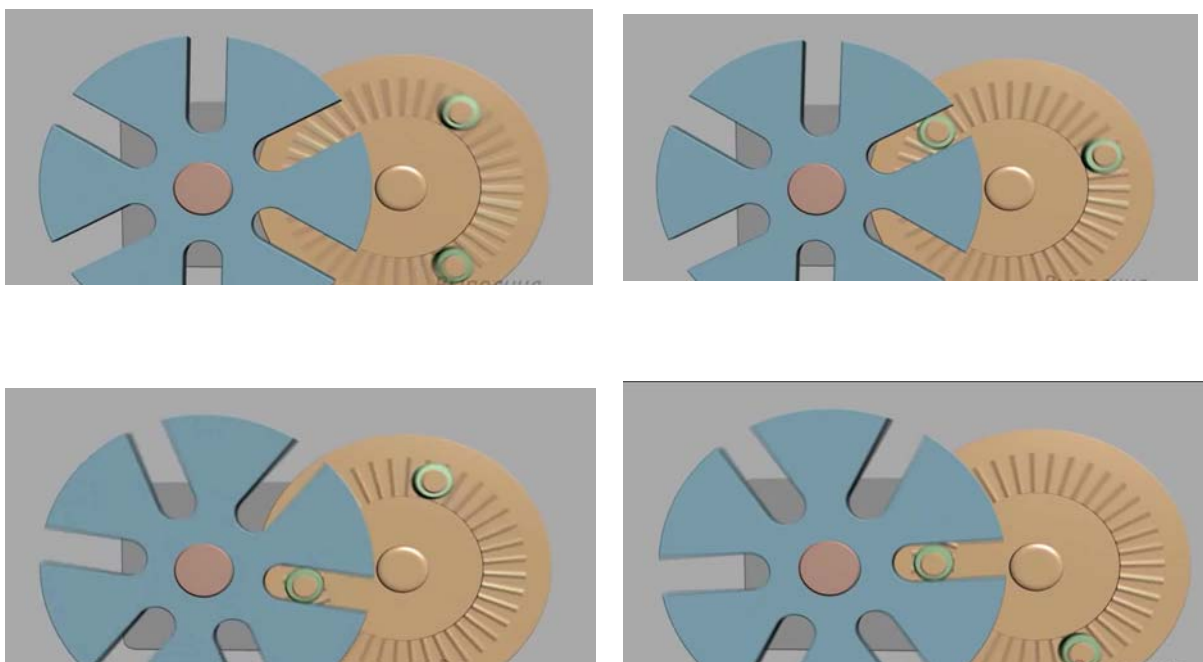


Рисунок 7 – Шестипозиційний мальтійський механізм  
*Джерело розроблено авторами*

Зубчастий сектор (рис. 8), який закріплений на валу, робить періодичні обертальні рухи тільки в продовж того часу, коли його зубці знаходяться в зачепленні з зубцями колеса, яке встановлене на іншому валу. Проте в цьому механізмі не має можливості регулювати величину кута повороту колеса. Тому він, як і мальтійські механізми, використовується в основному в багатопозиційних пристроях.

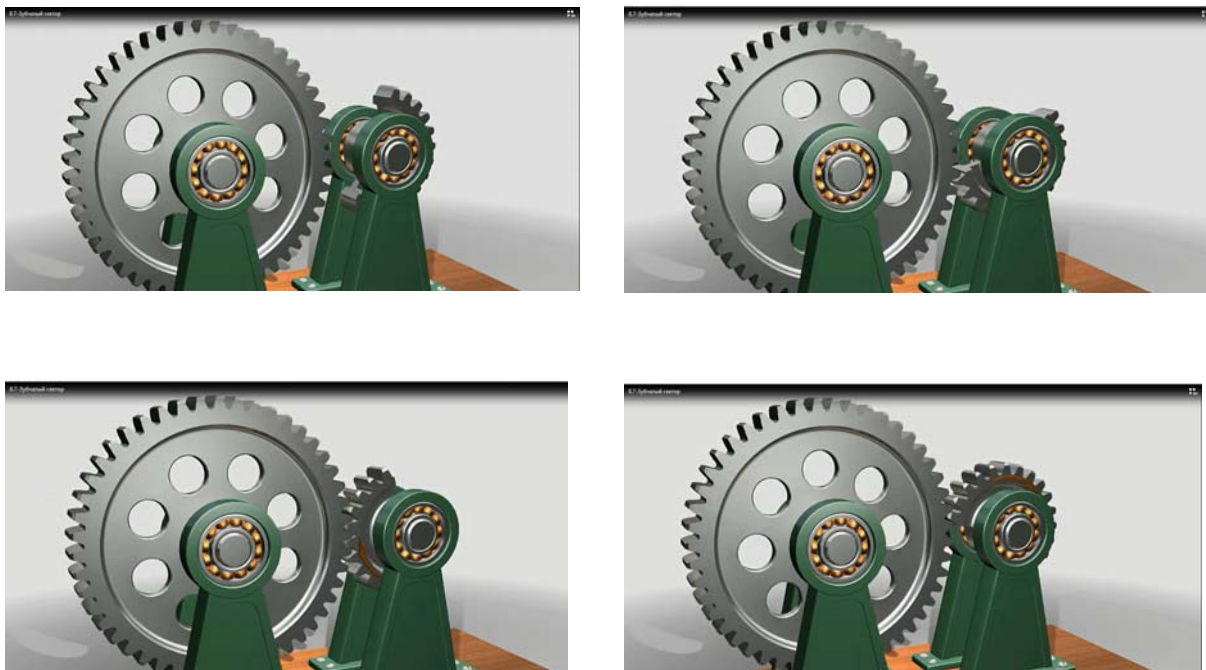


Рисунок 8 – Зубчастий сектор

*Джерело розроблено авторами*

Рейкові передачі також мають два можливі варіанти. У першому варіанті (рис. 9) рейкова шестірня робить тільки обертальний рух, а поступальний рух отримує рейка разом з робочим органом. У другому варіанті (рис. 10) рейка нерухома, а рейкова шестірня робить обертальний рух та рухається поступально разом з робочим органом.

Середнє положення між гвинтовою та рейковою передачами займає черв'ячно-рейкова передача (рис. 11, 12). Вона має більшу жорсткість та досить високий к.к.д., що в свою чергу забезпечує її широке використання (рис. 11) (рухома рейка) та (рис. 12) (не рухома рейка).

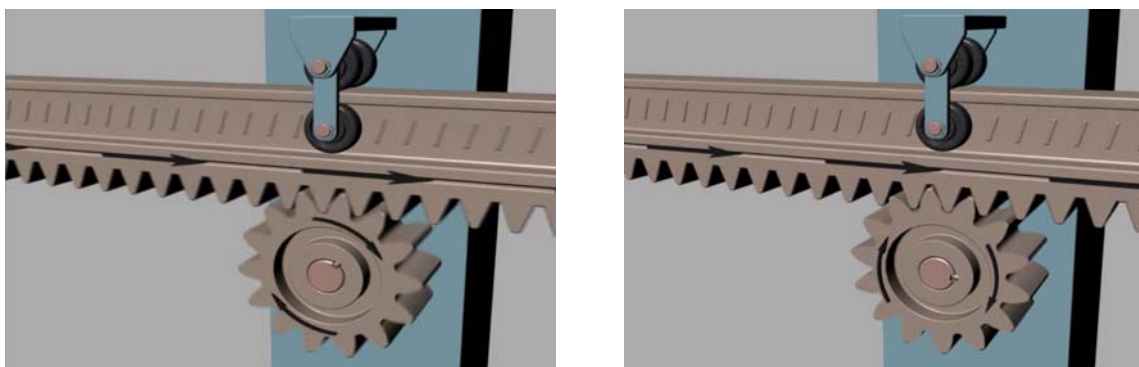


Рисунок 9 – 3D модель рейкової передачі (рейка рухома)

*Джерело розроблено авторами*

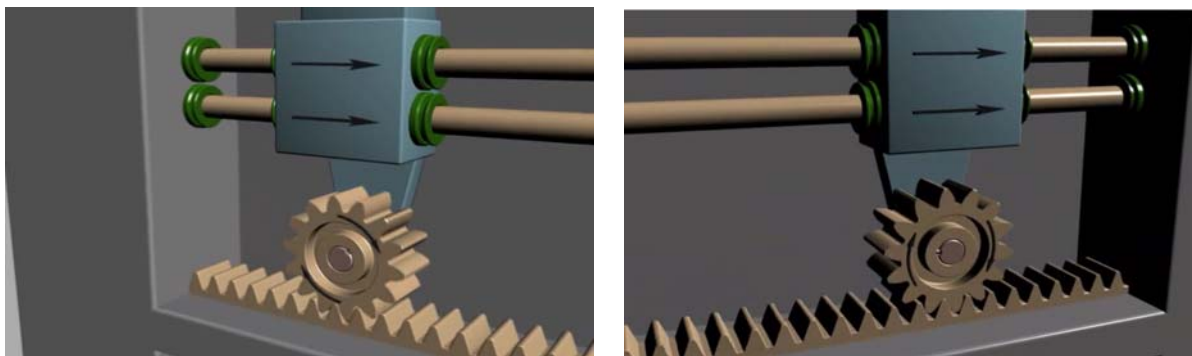


Рисунок 10 – 3D модель рейкової передачі (рейка не рухома)

*Джерело розроблено авторами*

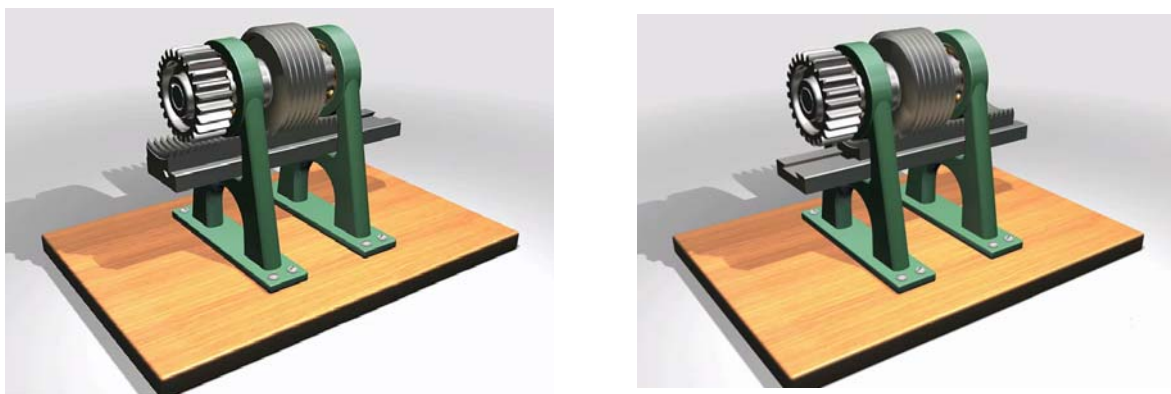


Рисунок 11 – 3D модель черв'ячно-рейкової передачі (рейка рухома)

*Джерело розроблено авторами*

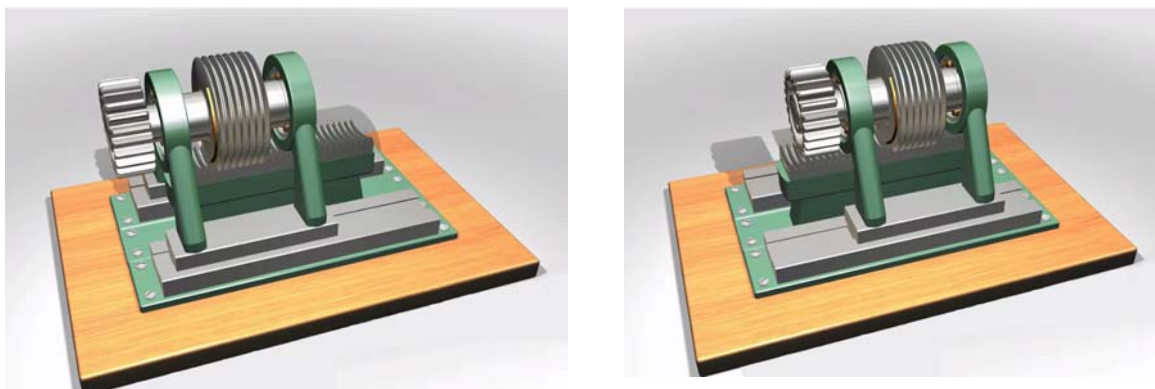


Рисунок 12 – 3D модель черв'ячно-рейкової передачі (рейка не рухома)

*Джерело розроблено авторами*

На основі цих розробок можливо створювати аналогічні програмні анімаційні продукти для інших механізмів.

**Висновки.** Запропонований навчальний симулятор дозволяє вивчати роботу різноманітних вузлів та механізмів кульково-гвинтових, рейкових, мальтійських механізмів, механізмів періодичного обертального руху при виконанні лабораторних робіт, дозволяє краще зрозуміти процес, а також є більш наочним. Проте в даній програмі не можна робити інтерактивне їх керування (наприклад, змінювати геометричні параметри, швидкісні характеристики та інше). Було б доцільним в подальшому мати такі можливості в наступній версії цього симулятора.

## Список літератури

1. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посіб. для студ. машинобудівних спец. усіх форм навч. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
2. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: підруч. для студ. інж.-техн. спец. вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
3. Борозенець Г.М., Павлов В.М., Семак І.В. Деталі машин: навч. посіб. К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 220 с.
4. Малащенко В.О., Стрелець В.М., Новицький Я.М., Стрелець О.Р. Деталі машин і підійомно-транспортне обладнання. 2-ге видання. навч. посіб. Львів : «Новий Світ-2000», 2020. 347 с.
5. Деталі машин.( КП по ДМ, лабораторні роботи, завдання до виконання СРС і МКР). Навчальний посібник з кредитного модуля для студентів технічних спеціальностей ; укл. Ю.П. Горбатенко. К.: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2019. 97 с.
6. Пальчевський Б.О., Валецький, Б.П., Вараніцький Т.Л. Системи 3D моделювання: навч. посіб. Луцьк, 2016 . 176 с.
7. Пасов Г.В., Венжега В.І. Використання анімаційного моделювання механізмів для створення прямолінійного поступального руху за допомогою кулачкових механізмів. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем* : матеріали 4-ої Міжн. наук.-практич. конф. Чернігів: ЧНТУ, 2014. С. 81-84.
8. Михальченко Д. О. Анімаційне моделювання храпових механізмів для створення обертального переривчастого руху . *Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі* : Всеукр. наук.-практич. конф. студ., асп. та мол. уч. Чернігів: ЧНТУ, 2017. С. 22-23.
9. Пасов Г. В., Венжега В. І., Рудик А. В. Анімаційне моделювання механізмів для створення реверсивного, обертального руху. *Технічні науки та технології: науковий журнал* . 2016. № 1(3). С. 60 – 65.
10. Пасов Г. В., Венжега В. І. Анімаційне моделювання гідроциліндрів та пневмокамер для створення прямолінійного поступального руху. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2018. № 4(14). С. 34 – 40.

## References

1. Haydamaka, A.V. (2020). *Detali mashyn. Osnovy teorii ta rozrakhunkiv* [Machine details. Basics of theory and calculations]. Kharkiv: NTU "KhPI" [in Ukrainian].
2. Rudь Yu.S. (2015). *Osnovy konstruiuvannya mashyn* [Basics of machine design]. Kryvyi Rih: D.O. Chernyavskiy FOP Publisher [in Ukrainian].
3. Borozenets, H.M., Pavlov, V.M., & Semak, I.V. (2021). *Detali mashyn* [Details of machines]. Kyiv: "Condor" Publishing House [in Ukrainian].
4. Malashchenko, V.O., Strelets, V.M., Novytskyi, Y.M. & Strelets, O.R. (2020). *Detali mashyn i pidiomno-transportne obladdannia* [Machine parts and lifting and transport equipment]. Lviv: "New World-2000" [in Ukrainian].
5. Horbatenko, Yu.P. (2019). *Detali mashyn* [Details of machines] Kyiv: NTUU "KPI named after I. Sikorsky" [in Ukrainian].
6. Palchevskiy, B.O., Valetskiy, B.P. & Varanitskiy, T.L.(2016). *Systemy 3D modeliuvannya* [3D modeling systems] . Lutsk [in Ukrainian].
7. Pasov, H. V., Venzheha V. I. (2014). Vykorystannia animatsiinoho modeliuvannya mekhanizmiv dlia stvorennia priamoliniinoho postupalnoho rukhu za dopomohoiu kulachkovykh mekhanizmiv [Using animation simulation of mechanisms to create rectilinear translational motion using cam mechanisms.] *Complex quality assurance of technological processes and systems : 4-oi Mizhn. nauk.-pratychn. konf. (Chernihiv) – 4th International Scientific and Practical Conference* (pp. 81-84.) . Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].



8. Mykhalchenko, D. O. (2017). Animatsiine modeliuвання khrapovykh mekhanizmiv dlia stvorennia obertalnoho pereryvchastoho rukhu [Animation modeling of ratchet mechanisms to create a rotating intermittent motion.] . Latest technologies in scientific activity and educational process : *Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh – All-Ukrainian Scientific-Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists* (Pp 22-23) . Chernihivskiy natsionalnyi tekhnolohichniy universytet [in Ukrainian].
9. Pasov, H. V., Venzheha, V. I. & Rudyk, A. V. (2016). Animatsiine modeliuвання mekhanizmiv dlia stvorennia reversyvnogo, obertalnoho rukhu [Animation simulation of reverse mechanism for creating rotary motion] . *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies, 1(3)*, 60-65 [in Ukrainian].
10. Pasov, H. V., Venzheha V. I. (2018). Animatsiine modeliuвання hidrotsylindriv ta pnevmokamer dlia stvorennia priamoliniinoho postupalnoho rukhu [Animated modeling of hydraulic cylinders and pneumatic chambers to create a rectilinear translational motion] . *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies, 4(14)*, 34–40 [in Ukrainian].

**Hennadii Pasov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Venzheha**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,

**Yaroslav Kuzhelnyi**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

*Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine*

### **Studying the Mechanisms that Work in the Automotive Industry Using an Animation Simulator**

The purpose of the work is to propose the use of an animation simulator in the educational process to study the operation of various nodes and mechanisms.

At the Chernihiv Polytechnic National University, at the Department of Automotive Transport and Industrial Mechanical Engineering, when studying the academic disciplines "Machine Parts and Lifting and Transport Equipment" for students of the field of study "Automotive Transport", "Machine Parts" for students of the field of study "Industrial Mechanical Engineering", "Equipment and transport of mechanical assembly shops" students of the field of study "Mechanical engineering technology" are offered to use the educational simulator to study the operation of various mechanisms that work in the assemblies of cars, metalworking machines, industrial robots and other machine-building equipment. The software product is intended for the simulated performance of laboratory work in the discipline "Machine parts and lifting and transport equipment" studied by the applicants. Users have the opportunity to choose different mechanisms to act with the help of the animation simulator (pin-screw, rack, worm-rail gears, Maltese mechanisms, toothed sectors). Visual visualization together with interactivity contributes to the effective assimilation of educational material.

The proposed educational simulator allows you to study the operation of various nodes and mechanisms of ball-screw, rail, Maltese mechanisms, mechanisms of periodic rotary motion when performing laboratory work, allows you to better understand the process, and is also more visual. However, in this program, it is not possible to manage them interactively (for example, change geometric parameters, speed characteristics, etc.). Further improvement of this simulator is planned.

**learning process; ball-screw, rail, worm-rail, gear transmission; simulator**

*Одержано (Received) 02.03.2023*

*Прорецензовано (Reviewed) 11.03.2023*

*Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023*