

### 3D-анімації функціонування трансмісії машини в підготовці майбутніх учителів технологій

**Анотація.** У статті розглянуто підхід до відбору скриншотів з навчального відеофільму як основи для розробки серії проблемних запитань. Пошук відповідей на проблемні запитання допоможе студентам підготуватися до сприйняття сюжету навчального відеофільму. У результаті використання запропонованого навчального відеофільму в навчальному процесі поглибитиметься технічна грамотність студентів з науково-природничих основ функціонування приводу машини.

**Ключові слова:** механічна передача, привід машини, закономірності зміни швидкості і прискорення машини.

**Abstract:** The article examines the approach to the selection of screenshots from the training video film as the basis for the development of a series of problematic questions. Finding answers to problematic questions will help students prepare for the perception of the plot of a training video. As a result of the use of the proposed training video film in the educational process, the technical literacy of students on the natural sciences fundamentals of the car's drive will deepen.

**Keywords:** mechanical transmission, drive machine, patterns of speed change and acceleration of the machine.

**Постановка наукової проблеми.** Загальноприйнятою є думка, що в основі світогляду майбутнього вчителя технологій лежить сформована техніко-технологічна картина світу. Чільне місце у формуванні в студентів технічної картини світу належить машинознавству як інтегрованій навчальній дисципліні технологічної освіти загальнотехнічного спрямування. У машинознавстві розкриваються особливості використання природничих знань в техніці. Основу техніки становлять робочі машини, які виконують свої функції шляхом використання природничих явищ і ефектів. У робочих машинах системотворчим елементом є її привід, а механічні передачі (або гідравлічні, пневматичні тощо) приймається за базове поняття приводу робочої машини [2; 3; 4; 5].

Науково-природничі основи процесів, які відбуваються в механічних передачах як основних елементах приводів робочих машин, починають описувати з фактів, які пов'язані з конструктивними особливостями механічних передач, наприклад, пояснюючи різницею кількості зубів у ведучого і веденого коліс ефект зміни швидкості, а збільшенням, чи зменшенням плеча колової сили – ефект зміни обертального моменту [5]. Проте не лише зміною швидкості і обертального моменту характеризують роботу механічних передач. Зокрема для їх функціонування характерна закономірність збільшення прискорення робочої машини зі зменшенням її лінійної швидкості і навпаки, зменшення прискорення машини зі збільшенням її лінійної швидкості. У технічній літературі, яка використовується для підготовки майбутніх учителів технологій зазначеній закономірності фактично не надається належної уваги, зменшуючи цим глибину розуміння студентами особливостей функціонування механічних передач. Ми рахуємо, що відбір навчального матеріалу із зазначеної проблеми актуальний для формування технічних знань, які поглиблюють і розширяють технічний світогляд майбутніх учителів технологій.

**Мета і завдання статті.** Визначити основні скриншоти навчального відеофільму для розробки на їх основі дидактичних засобів, що допоможуть студентам сприйняти його сюжет та розглянути варіант їх використання для поглиблення технічної грамотності майбутніх учителів технологій з науково-природничих основ функціонування приводу машини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливості використання інформаційних технологій в технологічній освіті висвітлювалися в роботах В. Бикова, Р. Гуревича, М. Кадемії та ін. Питання формування технічної грамотності майбутніх учителів технологій вивчали І. Білосевич, Л. Даннік, В. Симоненко, В. Сидоренко, Д. Тхоржевський та ін. Структуру технологічної культури майбутніх учителів технологій обґрунтовували А. Литвин, С. Ткачук, Р. Яким, Ю. Хотунцев та ін. Обґрунтування навчального матеріалу про привід машини як метатехнічного знання виконав А. Іванчук. Розкриття сутності поняття метатехнічного знання здійснив І. Ільїн. Компоненти фахової компетентності майбутнього вчителя технологій наведені в роботах Н. Бондар, Р. Гуревича, В. Курок, Д. Кільдерова

та ін. Базові функції технологічної освіти школярів всебічно дослідили Д. Махотін, В. Кальней, Ю. Хотунцев та ін. Підходи до використання засобів 3D моделювання на уроках трудового навчання розглядалися в дослідженнях І. Годорожі, А. Стьопкіна, Т. Турки та ін.[1]. Проблему візуалізації науково-природничих основ функціонування приводу автомобіля засобами 3D-анімації вирішував Udi Aharoni, зокрема розкрив у навчальному відеофільмі закономірності зміни швидкості і прискорення автомобіля.

**Виклад основного матеріалу.** На відеохостингу YouTube серед розміщених відеоматеріалів є чимало навчальних фільмів. У рамках нашого дослідження інтерес викликає відеофільм «Cars: engine power and transmission – 3D animatio» [6]. Засобами 3D-анімації розробник відеофільму Udi Aharoni здійснив спробу візуалізувати явище зміни прискорення і швидкості руху автомобіля. В основі сюжету фільму тестування трьох віртуальних автомобілів, обладнаних механічними передачами з передаточним числом 1, з передаточним числом 2 (2:1 в подачі автора відеофільму) та коробкою швидкостей з трьома передачами: понижувальною, середньою і підвищувальною. Віртуальне тестування проводять для кожного автомобілі окремо та для двох і трьох автомобілів разом (як на спортивних змаганнях). Оранжевим і білим кольором зображується зміна потужності за одиницю часу та відстань пройдена колесом під дією сили за одиницю часу. Умовно приймається, що гранична частота обертання вала двигуна становить  $200 \text{ хв}^{-1}$  (за сюжетом відеофільму двигун при цій частоті «спалахує»).

У першому випадку автомобіль досяг граничної частоти обертання вала двигуна при швидкості 16 км / год за 8 с, у другому – 8 км / год за 2 с, у третьому, послідовно перемикаючи передачі від нижчої до вищої, – 32 км / год за 23 с.

Подивимося, як автор пояснює особливості своєї роботи в коментарях до відеофільму [6]. За його словами відеофільм повинен дати відповідь на ключове запитання: «Який привід машини кращий – той, що збільшує прискорення машини, чи той, що збільшує її швидкість?». Щоб зменшити складність навчальної інформації при використанні даного відеофільму у процесі навчання для досягнення поставленої було відібране одне технічне явище (властивість механічної передачі в редакції автора відеофільму) та одна формула. Сутність технічного явища в тому, що об'єктом вивчення стає шлях пройдений зубом першої пари зубчастих і наступної пари зубчастих коліс при їх однакових діаметрах та при різних діаметрах (поява передаточного числа).

Якщо зуб зубчастого колеса проходить відстань  $S_1$  під дією сили  $F_1$ , то генерується механічна енергія  $E = F_1 S_1$ . Якщо ж зуб зубчастого колеса пройде іншу відстань  $S_2$ , то тут діє інша сила  $F_2$ , а за законом збереження енергії (при умові, що тертя відсутнє) буде справджуватися рівність  $F_2 S_2 = F_1 S_1$ , звідки

$$F_2 = F_1 S_1 / S_2 \quad (1)$$

За формулою (1) виходить, що підбором зубчастих коліс в приводі робочої машини можна змінити величину рушійної сили. Так, зокрема Udi Aharoni пише, що якщо в наступній ступені багатоступеневої передачі зуб проходить відстань  $S_2 = S_1 / 2$ , то вихідне зусилля, створене двигуном збільшується приблизно у два рази. На думку автора, підбір діаметрів зубчастих коліс у механічній передачі приводу машини, наприклад, коли на один сантиметр переміщення зуба першого зубчастого колеса зуб останнього зубчастого колеса переміститься на пів сантиметра – це дозволяє однакової кількості механічної енергії виробити подвійну величину від вихідного рушійного зусилля.

Розглянемо більш детально останнє твердження автора відеофільму. З курсу фізики відомо, що мірою зміни енергії є робота, тому енергія вимірюється в тих одиницях, що й робота. Отже, бачимо, що поняття енергії пов'язане зі здатністю технічної системи виконувати роботу. Технічна система виконує роботу в разі зміни її механічного стану, тобто зміни взаємного розташування елементів, або їхніх швидкостей, або того й іншого. Ефективність робочих машин визначається не стільки величиною виконаної роботи, скільки тим, як швидко вона здатна її виконати. Інтенсивність виконання роботи характеризується потужністю. Потужність залежить від обертового моменту двигуна та частоти обертання його вала (рис.1) [7]. Даний рисунок запозичений з англійських літературних джерел, тому схарактеризуємо написи, приведені на діаграмі: speed (RPM) – частота обертання вала двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ; torque (NM) – обертовий момент, нм; power (kW) – потужність, кВт.

Як видно з рис. 1 величина обертового моменту двигуна машини залежить від частоти

обертання його вала, а потужність (швидкість виконання роботи) залежить від величини обертального моменту і частоти обертання. У роботі [7] потужність розглядають як швидкість зміни механічної енергії.

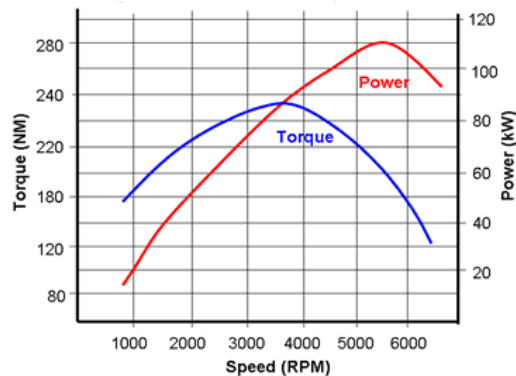


Рис. 1. Зв'язок між потужністю двигуна, обертальним моментом і частотою обертання вала двигуна

Перейдемо тепер до відповіді на ключове запитання автора відеофільму, яка відображена засобами 3D – анімації. Її можна зобразити таким логічним ланцюгом: понижена передача автомобіля → збільшення обертального моменту → збільшення прискорення → зменшення швидкості автомобіля (зменшення частоти обертання коліс автомобіля при обмеженій частоті обертання вала двигуна). Протилежний випадок: підвищувальна передача автомобіля → зменшення обертального моменту → зменшення прискорення → збільшення швидкості автомобіля.

Однак перш ніж почати підбирати скріншоти відеофільму, необхідно зробити одне суттєве зауваження до сценарію, яким знехтував його автор. Автор пояснив, що для візуалізації роботи трансмісії автомобіля прийнята умова відсутності тертя в кінематичних парах, проте не зазначив, що зміна відстані, пройдені зубчастими колесами розглядається не в одній механічній передачі, а в їх сукупності. Справа в тому, що в одній механічній передачі зміна пройдених відстаней в принципі не можлива при нормальній роботі, бо означає проковзування зубчастих коліс.

Ми відібрали скріншоти, представлені на рис. 2-5 та рахуємо, що за їх допомогою необхідно спрямувати студентів у правильному напрямі перед розглядом відеофільму (для розкриття ключового запитання). Для рис. 2 студентам необхідно відповісти на такі проблемні запитання: «Що означає зміна розмірів світлих секторів у напрямі від двигуна до ведучих коліс?»; «Яку закономірність можна сформулювати?»; «Як змінюється потужність двигуна в різних кінематичних ланцюгах?». Для рис. 3 ми пропонуємо наступні проблемні запитання: «Які передаточні числа в наведених механічних передачах? «Чому вектор сили зменшує довжину, а площа прямокутника, яким позначається потужність не змінюється?», «Де передачі понижувальні, середні (з передаточним числом  $u = 1$ ) і підвищувальні?». Для рис. 4 пропонуємо таке проблемне запитання: «Чому перші два автомобілі зліва відстали від крайнього правого автомобіля?». Для рис. 5 проблемні запитання мають вигляд: «Поясніть, коли перемикав передачі водій крайнього правого автомобіля?»; «Що означають зафіксовані швидкості руху тестових автомобілів та час?»; «Чому двигуни тестових автомобілів «спалахують?»».



Рис. 2. Візуалізація зміни потужності та шляху пройденого колесами на 1 с у напрямі зліва направо: понижена передача для початку руху (світлі сектори зменшуються від двигуна до ведучих коліс, а потужність розподіляється між ведучими колесами); середня передача (світлі сектори збільшуються, а потужність на ведучих

колесах зменшується); підвищена передача (світлі сектори найбільші, а потужність на ведучих колесах найменша)

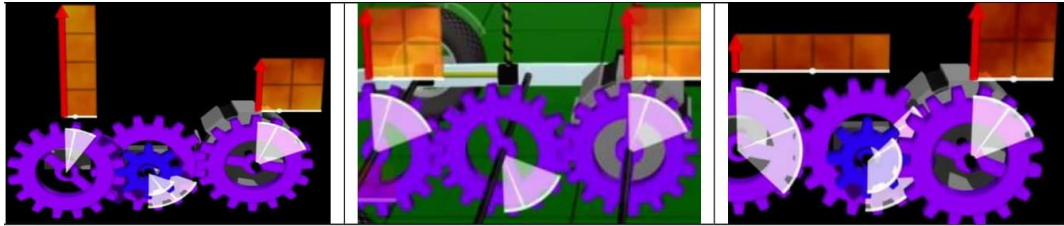


Рис. 3. Візуалізація зміни відстані, пройденої колесами для трьох випадків рис. 2

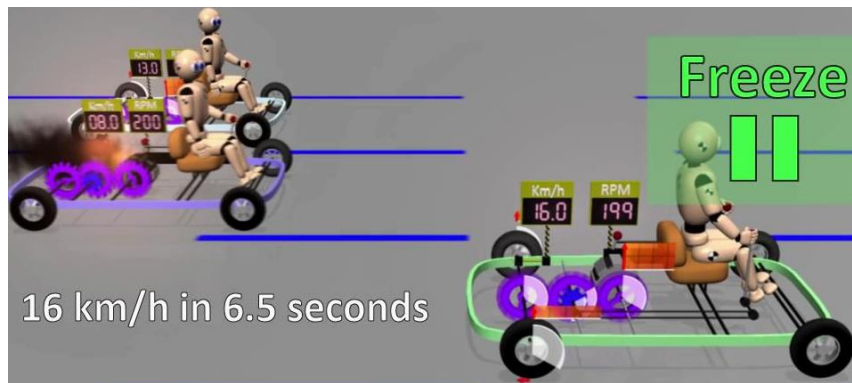


Рис. 4. Змагання трьох автомобілів у напрямі зліва направо: з передаточним числом  $u = 1$ ; з передаточним числом  $u > 1$ ; з передаточним числом  $u < 1$



Рис. 5. Візуалізація ситуацій досягнення максимальної частоти обертання вала двигуна у напрямі зліва направо: на пониженій передачі 8км /год за 2 с; на середній передачі 16 км/год за 6,5 с; на підвищеній передачі 32км/год за 23 с

**Висновки.** Основними технічними явищами при функціонуванні приводу робочої машини є зміна швидкості і обертального моменту. Розуміння студентами природничо-наукових основ функціонування приводу робочої машини становитиме основу їхньої технічної грамотності. 3D-анімація сприяє активізації образного компоненту технічного мислення майбутніх учителів технологій. В основі візуалізації засобами 3D-анімації функціонування трансмісії автомобіля лежить спостереження за швидкістю збільшення частоти обертання вала двигуна до фіксованого значення, залежно від навантаження на нього. Величину навантаження на валу двигуна змінюють за допомогою триступінчастої коробки швидкостей. Кольорова візуалізація використана для зображення переміщення зубчастих коліс під дією постійної рушійної сили за одиницю часу та відображення зміни потужності на кінематичних елементах приводу машин при умові, що тертям у ньому нехтують. Розглядаючи змагання трьох віртуальних автомобілів та візуалізацію переміщень кінематичних елементів приводу автомобіля та зміну потужності по кінематичному ланцюгу, студенти підводяться до сприйняття закономірності зменшення швидкості руху автомобіля при збільшенні його прискорення або навпаки. Таким чином, навчальний відеофільм, розроблений Udi Aharoni є ефективним дидактичним засобом, що сприяє поглибленню технічної грамотності студентів.

#### Список використаних джерел:

1. Годорожа І.В., Стюпкін А.В., Турка Т.В. Використання засобів 3D моделювання на уроках

трудового навчання. *Духовність особистості: методологія, теорія і практика*. 2016. Вип. 4. С. 33-39. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp\\_2016\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp_2016_4_7).

2. Іванчук А.В. Привод машини як основне політехнічне поняття при вивченні техніки майбутніми вчителями технологій. *Актуальні проблеми математики, фізики і технологічної освіти*. Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2015. Вип. 12. С.171-173.

3. Іванчук А.В. Машинознавча складова загальнотехнічної підготовки майбутніх учителів технологій в контексті реалізації культурологічної концепції технологічної освіти. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, досвід, проблеми*. Київ-Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2018. Вип. 50. С. 276-280.

4. Іванчук А.В. Система навчальних технічних задач як засіб формування технічного мислення майбутніх учителів технологій. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Педагогіка і психологія*. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2018. Вип. 53. С. 91-95.

5. Іванчук А.В., Кашуба А.А., Савлук В.М. Науково-природничі основи роботи приводів машин у змісті підготовки майбутніх учителів технологій. *Актуальні проблеми підготовки вчителя трудового навчання та технологій: теорія, досвід, проблеми*. Вінниця: ПП Балюк І.В., 2019. Вип. 2. С. 77-80.

6. Udi Aharoni Cars: engine power and transmission – 3D animation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3-ilzxawUAs>.

7. Power and torque // EPI Inc. 11 March. 2011. URL: [http://www.epi-eng.com/piston\\_engine\\_technology/power\\_and\\_torque.htm](http://www.epi-eng.com/piston_engine_technology/power_and_torque.htm).