

АНАТОЛІЙ РИБАЛКО, ЛЕОНІД МЕЩЕРЯКОВ,  
НАТАЛІЯ УЛАНОВА, АНДРІЙ РУССУ

### КОМП'ЮТЕРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

*Розглянуто питання створення за допомогою об'єктно-орієнтованої програми 3D Studio MAX однієї зі складових частин лабораторного комплексу — відеороликів технологій складання асинхронного електродвигуна з фазним ротором та машини постійного струму, які використовуються в процесі дистанційного навчання студентів профільних спеціальностей.*

**Ключові слова:** дистанційне навчання, комп'ютерна візуалізація, тривимірна анімація.

АНАТОЛИЙ РЫБАЛКО, ЛЕОНИД МЕЩЕРЯКОВ,  
НАТАЛЬЯ УЛАНОВА, АНДРЕЙ РУССУ

### КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Рассмотрен вопрос создания с помощью объектно-ориентированной программы 3D Studio MAX одной из составных частей лабораторного комплекса — видеороликов технологий сборки асинхронного электродвигателя с фазным ротором и машины постоянного тока, которые используются в процессе дистанционного обучения студентов профильных специальностей.*

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, компьютерная визуализация, трехмерная анимация.

ANATOLIY RYBALKO, LEONID MESHERYKOV,  
NATALIYA ULANOVA, ANDRIY RUSSU

### COMPUTER VISUALIZATION OF ELECTRIC MACHINES ASSEMBLING TECHNOLOGIES IN DISTANCE LEARNING

*The article examines a question of creation one of component parts of laboratory complex with the help of object-oriented program 3D Studio MAX that consists of videos of technologies of assembling of asynchronous electric motor with the phase rotor and machine of direct current, which are used in the process of the distance teaching of students of type specialities.*

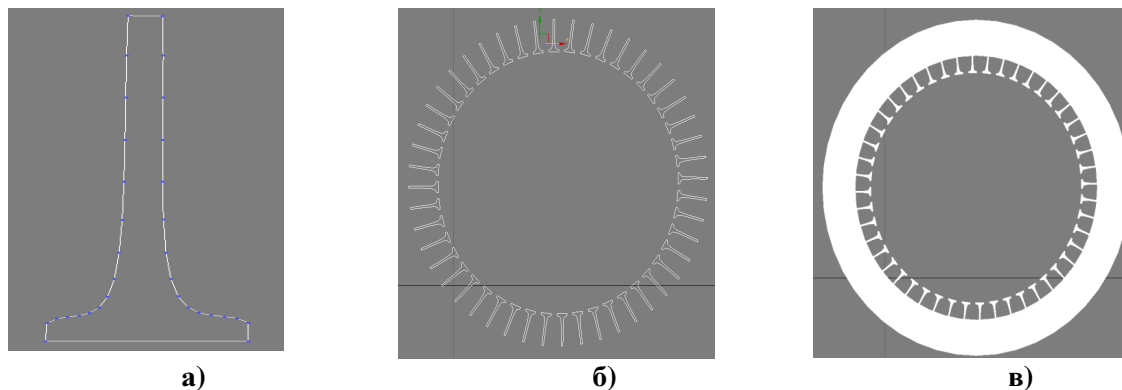
**Key words:** distance teaching, computer visualization, three-dimensional animation.

При впровадженні дисциплін дистанційного навчання значною мірою якість засвоєння матеріалу обумовлена реальністю його комп'ютерної візуалізації. Існує чимало методів і алгоритмів комп'ютерної візуалізації, які використовуються залежно від об'єкта зображення і форми подачі матеріалу [1]. При цьому важливими й зв'язаними між собою факторами є насиченість сцени об'єктами, якість зображення, швидкість зміни кадрів, облік особливостей графічного пристрою [2].

**Мета** статті — створення інтерактивного вмісту з використання тривимірної анімації в різних предметних сферах і, особливо, в дистанційних навчальних процесах. Розробка технологій анімаційного супроводження курсів останнім часом стає все більш актуальною. У профільних дисциплінах інституту електроенергетики та інституту заочно-дистанційної освіти національного гірничого університету набуло поширення комп'ютерне відображення поетапної технології складання електричних машин різних типів. У статті розглянуто основні етапи

комп'ютерного моделювання двох об'єктів: машини постійного струму та асинхронного двигуна з фазним ротором.

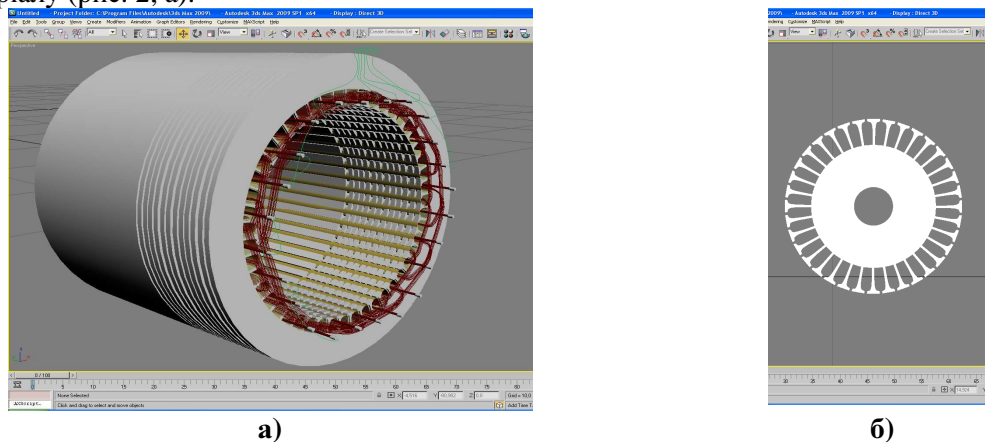
Асинхронний електродвигун з фазним ротором. Для моделювання асинхронного електродвигуна з фазним ротором було створено 1040 елементарних складових об'єктів. Першою була розроблена тривимірна комп'ютерна модель статора в об'єктно-орієнтованій програмі 3D Studio MAX [3]: створений спочатку за допомогою сплайнів базовий паз (рис. 1, а).



**Рис. 1. Основні конструктивні форми створення кільця статора:**  
а) паз, б) клоновані до центра кола пази, в) складова пластина

З використанням функції масиву (Array) був клонований у сорока вісьмох екземплярах навколо форми кола (Circle), до системи координат якого попередньо виконано перехід (рис. 1, б). На кінцевому етапі формування підоб'єкту статора сформовано кільце стандартного об'єкту (Tube), що центроване по раніше створеним за допомогою масивів об'єктам (рис. 1, в).

Надалі кільце статора було скопійовано в необхідній кількості уздовж осі статора. Після чого на підставі форм лінії (line) змодельована і вставлена в модель статора обмотка з ізолюючого матеріалу (рис. 2, а).

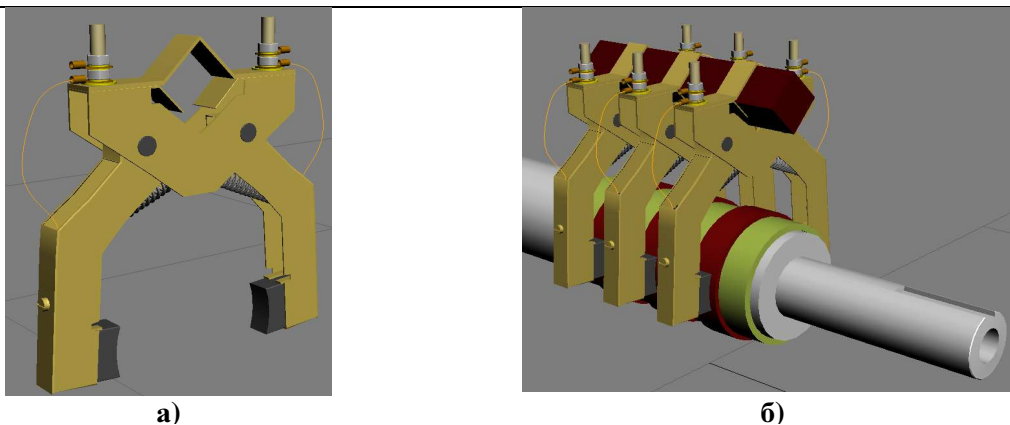


**Рис. 2. Вигляд основи моделі статора (а) і базовий елемент ротора (б)**

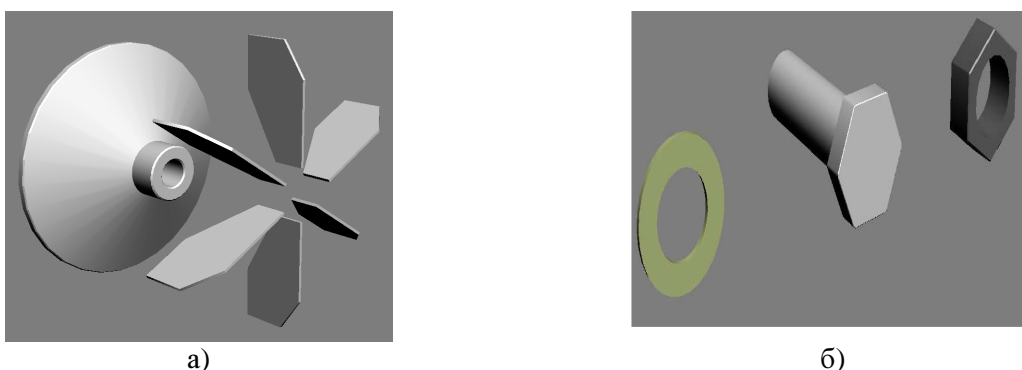
Створення моделі ротора здійснювалось у такому ж порядку, як і статора, з тією різницею, що пази в ньому були розташовані в протилежну сторону, тобто назовні, і їх кількість дорівнювала тридцяти двом (рис. 2, б).

Вузол контактних кілець моделі асинхронного електродвигуна створювався за допомогою стандартних примітивів (Standard Primitives) з використанням модифікатора Edit Poly (рис. 3, а) і булевої операції вирахування: із циліндра (Cylinder) був змодельований вал, а потім на ньому змонтовано вузол контактних кілець (рис. 3, б).

Вентилятор, що служить для охолодження двигуна, створювався за допомогою двох об'єктів: циліндра (Cylinder) і коробки (Box) з використанням модифікаторів Edit Poly і Shell (рис. 4, а). Множина допоміжних об'єктів монтажу, таких як болти, гайки й шайби була створена за допомогою базових об'єктів з безлічі стандартних примітивів із застосуванням модифікатора Edit Poly і ряду булевих операцій (рис. 4, б) і в подальшому була клонована у потрібній по структурі електричної машини кількості.



**Рис. 3. Вузол контактних кілець: а) контактна група, б) складання вала**

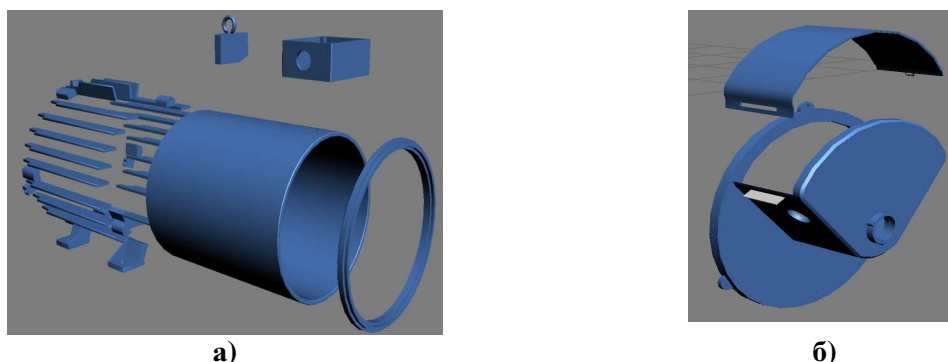


**Рис. 4. Конструктивні елементи: а) вентилятор, б) елементи кріплення**

Корпус моделі асинхронного електродвигуна з фазним ротором створювався поетапно. Для основної частини корпусу використовувалися такі об'єкти зі стандартних примітивів програми 3D Studio MAX як циліндр (Cylinder) з модифікатором Edit Poly — основна частина, коробка (Box) з модифікатором Edit Poly — ребра для створення потоку повітря й ребра верхньої частини корпусу, у якій конструктивно розташовані контакти, з наступною обробкою усіх об'єктів булевими операціями (рис. 5, а, б).

Після формування потоку даних описаних вище дій з отриманих моделей складових об'єктів була зібрана в остаточному вигляді тривимірною моделлю асинхронного електродвигуна з фазним ротором (рис. 6).

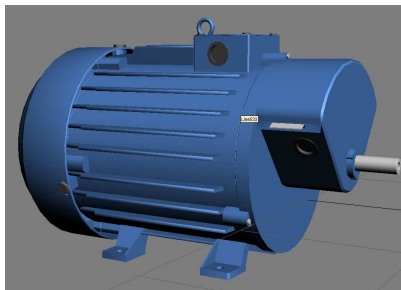
Виконаний поетапно потік даних тривимірної моделі асинхронного електродвигуна дозволяє тепер проводити безпосередньо анімацію технологічних операцій складання підоб'єктів моделі у реальному масштабі часу.



**Рис. 5. Елементи моделювання корпусу асинхронного електродвигуна**

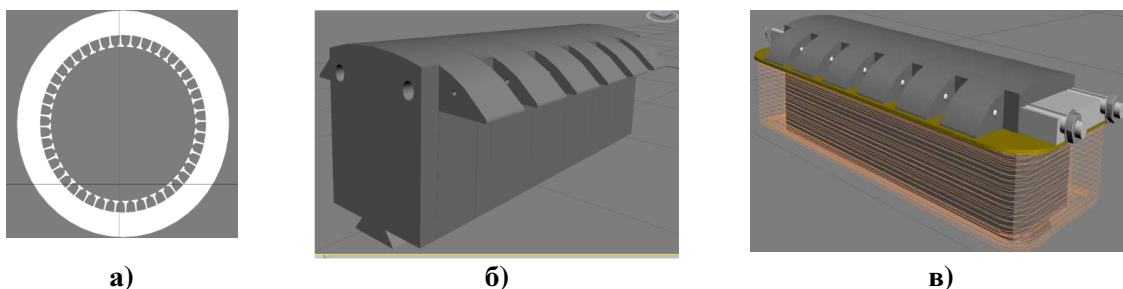
Оскільки комп'ютерне моделювання виконувалося в об'єктно-орієнтованій програмі 3D Studio MAX, то все, що підлягає анімації, зберігається в реальному масштабі часу з точністю до 1/4800 секунди. Розбита на кадри під час візуалізації анімація технології складання асинхронного електродвигуна з фазним ротором по тривимірній моделі може бути в навчальних цілях

відображена по-різному. Наприклад, можливо вибрати різні методи відображення, що відповідають традиційній анімації й стандартам відеозапису, або вибрати режим роботи в реальних хвилинах чи секундах. Крім того, можна встановити частоту кадрів залежно від різних стандартів або вказати будь-яку спеціальну частоту кадрів, що задовольняє конкретним потребам. Це зумовлює можливість керування увагою студентів в процесі навчання на найбільш важливих моментах процесу складання.



**Рис. 6. Комп'ютерна модель асинхронного електродвигуна**

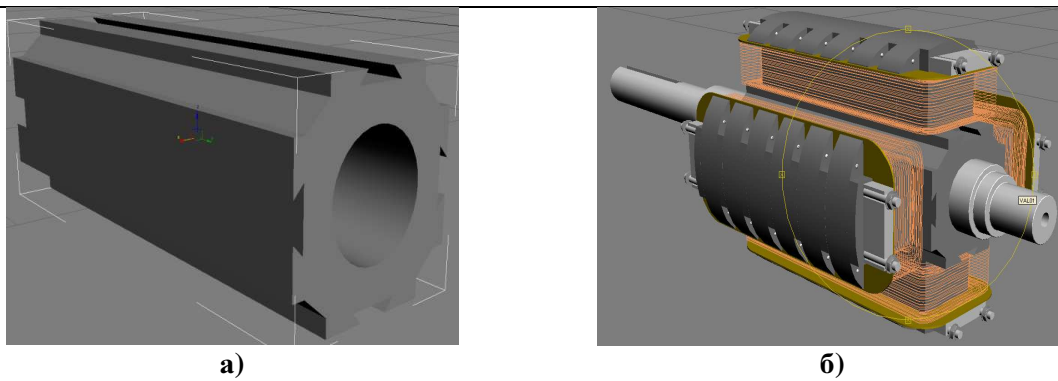
Машина постійного струму. Для комп'ютерного моделювання тривимірної моделі машини постійного струму було створено множина з 1583 елементарних підоб'єктів. Першим з них був створений статор машини. При цьому пази формувалися за допомогою сплайнів. На основі багаторазово повторюваних перетворень функції масиву (Array) вони були скопійовані в сорока вісьмох екземплярах навколо кола (Circle), до системи локальних координат якого попередньо виконано перехід з привязкою. Для кінцевого етапу формування кільця статора було використано стандартний об'єкт труби (Tube), центрований своїм внутрішнім простором за раніше створеним за допомогою масивів об'єктам машини постійного струму (рис. 7, а).



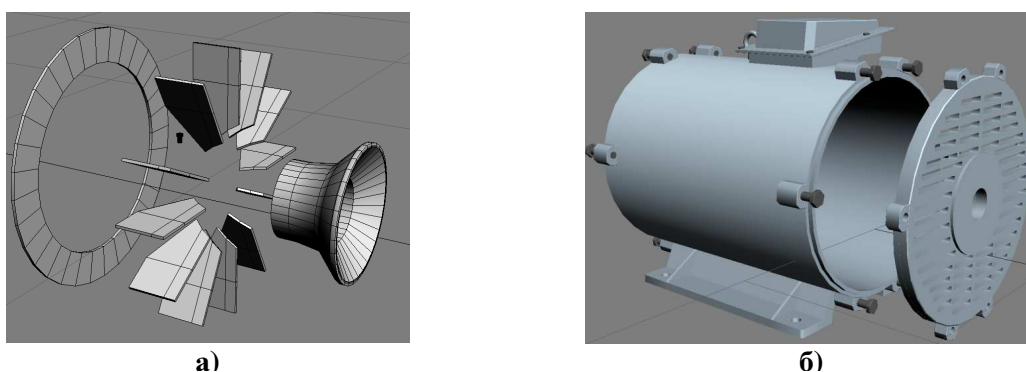
**Рис. 7. Конструктивні елементи моделі машини постійного струму:**  
**а) кільце статора, б) полюс, в) складання**

Моделювання ротора, що складається з кількох складних елементів, виконувалося поетапно. Спочатку створювався полюс. Для цього стандартний примітив (Standard Primitives) циліндр (Cylinder) використовувався з модифікатором Edit Poly і булевою операцією вирахування. Потім отриманий конструктивний елемент був клонований до необхідної кількості (рис. 7, б). Після цього за допомогою ліній (line) була створена обмотка, а із площини (plane) з використанням модифікатора Edit Poly і булевої операції вирахування змодельовано ізолюючий матеріал. Інші дрібні допоміжні деталі: болти, гайки, шайби, шпильки й т. д. були створені з колекції стандартних примітивів із застосуванням модифікатора Edit Poly і булевої операції вирахування (рис. 7, в). Вкладиш для полюсів створено за допомогою базової форми ліній (line) (рис. 8, а). Для моделювання вала використано стандартний примітив циліндр (Cylinder) з наступним застосуванням модифікатора Edit Poly і булевої операції вирахування. Після пророблених вище основних дій потоку даних була сформована тривимірна модель ротора машини (рис. 8, б).

При створенні моделі вентилятора охолодження використовувалися об'єкти з колекції стандартних примітивів: кільце (Tube), коробочка (Box), циліндр (Cylinder) і призначення модифікатора Edit Poly (рис. 9, а). При моделюванні корпусу і його компонентів були застосовані стандартний примітив циліндр (Cylinder) і модифікатор Edit Poly з основними булевими операціями (рис. 9, б).



а) б)  
Рис. 8. Конструктивні елементи моделювання вала:  
а) вкладиш полюсів, б) складання вала



а) б)  
Рис. 9. Конструктивні елементи: а) вентилятор, б) елементи корпусу

У результаті з усіх вище змодельованих підоб'єктів була сформована тривимірна модель машини постійного струму (рис. 10), що надалі може бути піддана різним видам анімаційної візуалізації.



Рис. 10. Тривимірна модель машини постійного струму

**Висновки.** Застосування в дистанційному навчальному процесі розроблених відеороликів комп'ютерної візуалізації тривимірних моделей технологій складання електричних машин різних типів дозволило, як показав досвід інституту заочно-дистанційної освіти та інституту електроенергетики Національного гірничого університету, значно скоротити час на засвоєння даного матеріалу та розширити уявлення студентів про практичну реалізацію цих технологічних процесів на підприємствах. З іншого боку, сформована і розвинена у процесі комп'ютерних ігор зорова властивість сприйняття інформації допомагає кращому засвоєнню навчальних знань, що передаються таким же шляхом через методику комп'ютерної візуалізації.

На даний час сформована стратегічна програма і розробляються лабораторні комплекси комп'ютерної візуалізації тривимірних моделей із профільних дисциплін базових спеціальностей інституту електроенергетики та інституту заочно-дистанційної освіти для впровадження їх у дистанційне навчання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Порев В. Н. Комп'ютерна графіка / Порев В. Н. — Спб.: Бхв — Петербург, 2004. — 432 с.: іл.
2. Пэрент Р. Комп'ютерна анімація / Пэрент Р. Пер. с англ. — М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. — 560 с.
3. Чи Кім 3D Studio MAX для дизайнерів. Мистецтво тривимірної анімації. Друге видання перероблене і доповнене / Чи Кім. Пер. с англ. — К.: ТОВ ТИД ДС, 2003. — 864 с.