

УДК 378.147.091.33:004.9

Барановська Ірина Георгіївна

кандидат педагогічних наук, доцент

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, Україна

iryna.baranovska@vspu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8223-1683

Барановський Дмитро Миколайович

кандидат технічних наук, доцент

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

bdn993@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0019-6256

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ТЕХНІЧНИХ ТА МИСТЕЦЬКИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Анотація. Стаття присвячена вивченню можливостей застосування (впровадження) 3D-технологій у процес підготовки спеціалістів у галузі біомедичної інженерії та майбутніх учителів мистецьких дисциплін. Визначено актуальність та перспективність проблеми, обґрунтовано важливість спрямування освітньої галузі України на інноваційне навчально-методичне та технічне забезпечення. Розглянуто феномен «сучасні інноваційні технології», зокрема 3D-технології, як ресурс, котрий володіє широкими можливостями для компетентнісного, гармонійного, творчого розвитку здобувачів та їх якісної професійної підготовки. Проаналізовано наукові праці дослідників на предмет визначення векторів застосування 3D-технологій в освітньому процесі підготовки здобувачів, подано класифікації 3D-технологій за різними показниками. Представлено загальну характеристику 3D-технологій. Розглянуто два основні напрямки розвитку 3D-технологій: 3D-моделювання та адитивне виробництво. Окрему увагу приділено методам фіксації шару матеріалу, що застосовуються у 3D-друкуванні: SLA – стереолітографія, SLS – селективне лазерне спікання, FDM – технологія пошарового наплавлення. Зроблено опис матеріалів, що використовують у 3D-друкуванні, вказано можливі сфери їх застосування. Зазначено, що здобувачі різних спеціальностей на початку навчання засвоюють базові знання та навички в роботі з технологіями 3D-моделювання та підготовки моделей до друку, використовуючи однакові інструменти. В процесі здобуття досвіду, студенти обирають більш спеціалізоване програмне забезпечення, котре зручніше відповідає вимогам їхньої галузі. Проаналізовано найпопулярніші та доступні програмні засоби для створення і роботи з 3D моделями. Онлайн сервіс Tinkercad визначено як найбільш зручний та доступний для використання в освітньому процесі. Представлено зразки робіт (3D-моделі протезів ока) здобувачів спеціальностей «біомедична інженерія», що розроблені за допомогою Tinkercad на заняттях з «Основ 3D-моделювання». Презентовано досвід інтеграції 3D-технологій в освітній процес (проект «Erasmus+ (СВНЕ) BioArt: «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр» (номер 586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-SVNE-JP)). Розглянуто можливості застосування технологій 3D-моделювання в різних галузях, зокрема архітектурі, дизайні та конструюванні костюмів, кіно- та сценічному мистецтві. Зазначено, що 3D-технології відкрили нові можливості для розвитку мистецтва, зокрема сприяли появі нового мистецького напрямку, що отримав назву 3D-art. З'ясовано, що в мистецтві 3D-художники покладаються більше на інтуїтивний метод («на око»), що дозволяє реалізовувати унікальні творчі задуми. Представлено досвід застосування 3D-технологій під час підготовки здобувачів освітньо-професійної програми: Початкова освіта. Мистецтво, в рамках реалізації освітнього проекту програми Еразмус + Модуль Jean Monnet 620252-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE. «Підготовка майбутніх педагогів до впровадження європейського досвіду формування soft skills дітей дошкільного віку та учнів початкової школи засобами театральної діяльності». Доведено, що впровадження 3D-технологій у підготовку здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей є не лише сучасною освітньою тенденцією, а й необхідністю для адаптації здобувачів до вимог сучасного ринку праці та забезпечення високого рівня їх професійної підготовки, інтеграції нових технологій у професійне й освітнє середовище.

Перспективами подальших досліджень є розробка та реалізація нових освітніх проєктів та технологій медичної та мистецької інноватики, удосконалення освітньо-професійних програм з підготовки здобувачів, здатних працювати та бути конкурентноспроможними в умовах інноваційної економіки та освіти.

Ключові слова: 3D-технології; 3D-моделювання; адитивні технології; інноваційні технології; біометрична інженерія; мистецтво; вчителі мистецьких дисциплін

1. Вступ

Постановка проблеми дослідження та її актуальність. У всьому світі домінуючою тенденцією прогресу стає інноваційна освіта, характерними ознаками якої є нові цілі, ціннісні орієнтації, завдання, перебудова методологічних, теоретичних, світоглядних, технологічних основ з урахуванням запитів, потреб, тенденцій, реалій сучасного розвитку суспільства. Закономірним є відчутне вдосконалення національної системи вищої освіти, її розвиток набуває якісно нових ознак та сенсів. Керуючись Законом України «Про вищу освіту» заклади вищої освіти забезпечують органічне поєднання в навчальному процесі освітніх, наукових, інноваційних технологій задля підготовки висококваліфікованих, конкурентноспроможних, компетентісних випускників-спеціалістів, здатних забезпечити інноваційний розвиток суспільства на основі творчої мобільності, генерування нових ідей, прийняття гнучких, нестандартних, але виважених рішень [1]. Розв'язання цих освітніх завдань значною мірою залежить від інноваційного потенціалу та готовності викладачів закладів вищої освіти до оновлення традиційних підходів та принципів навчання, відкритості до застосування нових, прогресивних технологій та засобів навчання, цілеспрямованого пошуку нових ідей щодо здійснення інноваційної професійної діяльності.

Пріоритетність спрямування на інноваційне навчально-методичне та технічне забезпечення освітньої галузі України передбачені Державною програмою прогнозування науково-технічного та інноваційного розвитку. Розуміння основних тенденцій, механізмів, потреб, внутрішніх протиріч скеровує освітян до пошуку, творення, освоєння, застосування інноваційних технологій та технічних досягнень у процесі професійної підготовки здобувачів.

Важливим та перспективним, особливо у галузі освіти, біомедичної інженерії, дизайну мистецтва, архітектури стає використання 3D-технологій в процесі підготовки здобувачів закладів вищої освіти. Знання можливостей технологій 3D-моделювання забезпечує відповідність сучасним технологічним тенденціям, розширює можливості освітнього процесу підготовки здобувачів різних спеціальностей, сприяє інтеграції з новітніми технологіями, такими як, 3D-друкування, доповнена та віртуальна реальність, підвищує адаптивність та гнучкість до сучасного ринку праці.

Аналіз наукових досліджень. За результатами аналізу наукових та науково-методичних джерел з'ясовано, що в освітньому середовищі спостерігається стрімкий розвиток інновацій та впровадження нових технологій до освітнього процесу підготовки здобувачів вищої освіти. Зарубіжними та вітчизняними науковцями сфери педагогічних, технічних, мистецтвознавчих наук (Й. Седлак (J. Sedlak), О. Воцилка (O. Vocilka), М. Слані (M. Slany), С. Форд (S. Ford), Т. Міншалл (T. Minshall) Б. Єфременко, П. Тришин, Н. Поташинська, І. Ізонін, О. Романюк, Р. Чехместрук, П. Михайлов, Б. Яшан, Н. Скрипничук) сучасні технології (інформаційно-комунікативні, освітні, педагогічні, мистецькі, комп'ютерні) розглядаються як ресурс, котрий володіє широкими можливостями для компетентісного, гармонійного, творчого розвитку здобувачів та їх якісної професійної підготовки. Дослідники вказують, що трендом сучасних освітніх технологій є 3D-технології (технології тримірної моделювання та

друку, адитивні технології), що розширюють горизонти для освіти, медицини, мистецтва, промислового прототипування, тощо.

Як от: вивченню освітніх можливостей 3D-технологій присвячені роботи С. Форда, Т. Міншалла, Б. Яшана. Зокрема вченими окреслено шість векторів їх застосування в освітньому процесі: для навчання викладачів та студентів 3D-друкування; як допоміжні технічні засоби під час навчання; для створення артефактів, котрі сприяють навчанню; для створення допоміжних технологій; для підтримки та розширення інформаційної діяльності [2; 3, С. 140-146; 4, С. 136-138].

Розробка питання інтеграції 3D-технологій та робототехніки в процес розвитку STEM освіти знаходиться в полі зору дослідниці О. Струтинської [5]. Як елемент STEM освіти вивчають застосування технологій 3D-друкування в освітньому процесі Б. Яшан та Н. Скрипничук [3]. Корисним для нашого дослідження став здійснений Р. Ємельяновим та К. Гавриленко аналіз програмних та технічних засобів 3D-технологій. Дослідники зробили спробу класифікації означених технологій за різними показниками, а саме:

- способом реалізації інформаційних технологій;
- ступенем охоплення завдань управління;
- класом реалізації технологічної операції;
- типом користувацького інтерфейсу;
- побудовою мережі інформаційних технологій [6].

Однак варто зазначити, що існує нагальна потреба в підготовці здобувачів закладів вищої освіти різних спеціальностей до опанування, застосування, удосконалення 3D-технологій в процесі майбутньої професійної діяльності. Отже, впровадження цих сучасних технологій в освітній процес закладів вищої освіти задля підготовки майбутніх конкурентноспроможних фахівців потребує подальшого вивчення та удосконалення [7; 8].

Метою статті є дослідження можливостей застосування та впровадження технологій 3D-моделювання в процесі професійної підготовки здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей.

2. Подання основного матеріалу.

2.1. Загальна характеристика 3D-технологій

3D-технології (від 3 Dimensions – «3 виміри») з'явилися в кінці 1980-х років. Свого загального поширення та доступності для кожного вони набули лише на початку 2000-х років. За цей час було винайдено основні технології 3D-друкування, такі як: SLA – стереолітографія (1983), SLS – селективне лазерне спікання (1987), FDM – метод прямого наплавлення (1989) та їх модифікації [9].

Сьогодні – це адитивні технології (additive technology), що включають 3D-моделювання та 3D-друкування та «передбачають виготовлення виробу за даними тривимірної цифрової моделі методом пошарового додавання (англ. Add - додавати, звідси і назва) матеріалів» [10]. 3D-технології дозволяють створити тримірний жорсткий об'єкт (прототип, зразок) з цифрового файлу шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (процес друкування або вирощування) [11]. Друкування здійснюється за допомогою спеціального пристрою – 3D-принтера, котрий швидший, доступніший і простіший у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва.

Спектр матеріалів, що використовуються для 3D-друкування, постійно розширюється. Це пластики (PLA, ABS), метали (титан, алюміній, кобальт-хром), живі клітини (друк шкіри, та органів), будівельні матеріали, ливарний віск, продукти харчування та інші специфічні матеріали. На практиці 3D-друкування для фіксації шару матеріалу використовують різні методи: SLA – стереолітографія, SLS – селективне

лазерне спікання, FDM – технологія пошарового наплавлення [9]. Застосовувані матеріали науковці розрізняють за типами: рідкі (фото полімери рідкі та епоксидні), сипучі (полімери, пісок, металевий порошок), пруткові, ниткоподібні (полімери, метали), листові, плівкові (ПВХ-плівки, фольга, листовий прокат). Така різноманітність матеріалів дозволяє активно застосовувати 3D-технології в медицині, архітектурному будівництві, дрібносерійному виробництві, функціональному тестуванні, освіті та навчанні, різних видах мистецтва (дизайні, конструюванні одягу, виробництві ювелірних виробів та прикрас, театрі, музиці, графіці, тощо).

Принагідно зазначимо, що здобувачі різних спеціальностей на початку навчання засвоюють базові знання та навички в роботі з технологіями 3D-моделювання та підготовки моделей до друку, використовуючи однакові інструменти. Згодом, у процесі здобуття досвіду, студенти обирають більш спеціалізоване програмне забезпечення, котре зручніше відповідає вимогам їхньої галузі. Проте міждисциплінарний підхід дозволяє вдосконалювати програмні продукти вузьких спеціальностей, адже можна запозичувати функціонал, матеріали та технології від інших напрямків. На думку авторів, через обмін досвідом між спеціальностями розкриваються можливості вдосконалення 3D-технологій, розширення сфери їх застосування та впровадження в різних галузях.

Розглянемо основні напрями застосування 3D-технологій у підготовці здобувачів технічних та мистецьких спеціальностей.

2.2. Застосування (інтеграція) технологій 3D-моделювання для підготовки здобувачів технічних спеціальностей («біомедична інженерія»)

Наявність 3D моделювання – обов'язкова умова перед початком 3D-друкування. Представимо огляд сучасних програмних засобів для створення і роботи з 3D-моделями. Найпопулярніші та найдоступніші наведено в таблиці 1.

Табл. 1

Популярні сучасні програмні засоби для тривимірного моделювання

Назва	Створює об'єкти придатні для 3D друку	Простота освоєння	Авто збереження кожного кроку та результатів	Можливість завантаження моделі	Вартість
Autodesk 3Ds Max	-	+	-	+	від 235\$
SolidWorks	+	-	+	+	від 909\$
Autodesk 123D Design	+	+	-	+	безкоштовно
Google SketchUp	+	-	+	+	безкоштовно
Tinkercad	+	+	+	+	безкоштовно
OpenSCAD	+	-	-	+	безкоштовно
FreeCAD	+	-	-	+	безкоштовно

Здійснений порівняльний аналіз існуючого програмного забезпечення для тримірного моделювання вказує на онлайн сервіс Tinkercad, як найбільш зручний та доступний для використання в освітньому процесі. Tinkercad дозволяє користувачам почати працювати та опанувати основи тримірного моделювання одразу після реєстрації, з перших занять. Важливо, що він не потребує встановлення на ПК, планшет чи смартфон. Використовуючи цей сервіс під час дистанційного навчання, викладач має

можливість створювати окремі класи та групи, давати здобувачам різнорівневі завдання в процесі роботи над спільним проектом. Зазначимо, в останніх оновленнях сервісу, додано режим фізичного моделювання, котрий створив можливість проводити дослідження над самостійно проєктованими та розробленими моделями. Наприклад, користувач може випробувати модель протезу з використанням механіки, фізики, зміною міцності та типу матеріалу, тощо.

Важливо вказати на простоту інтерфейсу Tinkercad, що дозволяє відразу почати перші спроби моделювання. На рисунку 1 зображено інтерфейс онлайн сервісу Tinkercad.

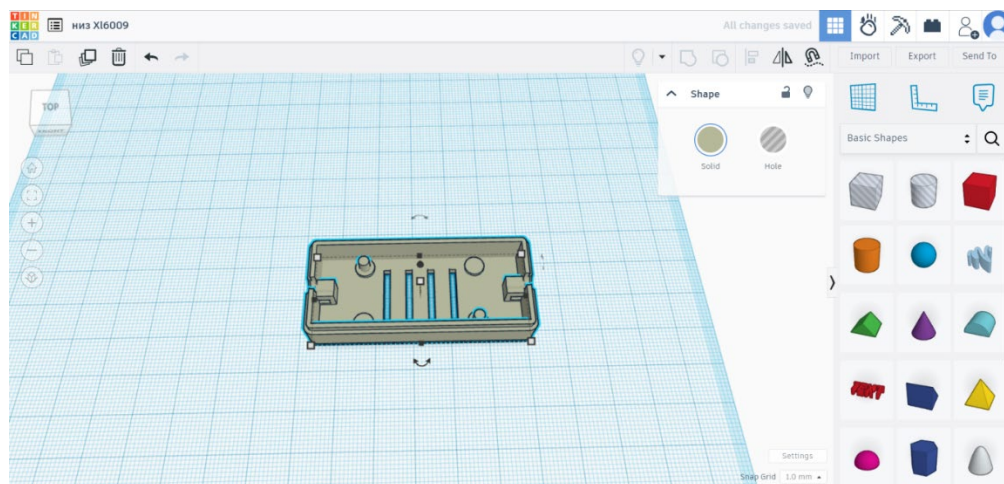


Рис. 1. Інтерфейс онлайн сервісу Tinkercad

На перших заняттях з «Основ 3D-моделювання» здобувачі Національного авіаційного університету спеціальності «біомедична інженерія» вивчають можливості онлайн сервісу Tinkercad з метою моделювання фізичних тримірних об'єктів (створення 3D-моделей органів, протезів, імплантів) та подальшої розробки більш природніх та акуратних індивідуальних моделей для кожного пацієнта, з урахуванням усіх ризиків. На рисунку 2 зображено результати роботи здобувачів у процесі опанування онлайн сервісу Tinkercad (перше заняття), а саме: ознайомлення з інтерфейсом керування, пошук імпорту та модифікація 3D-моделі.

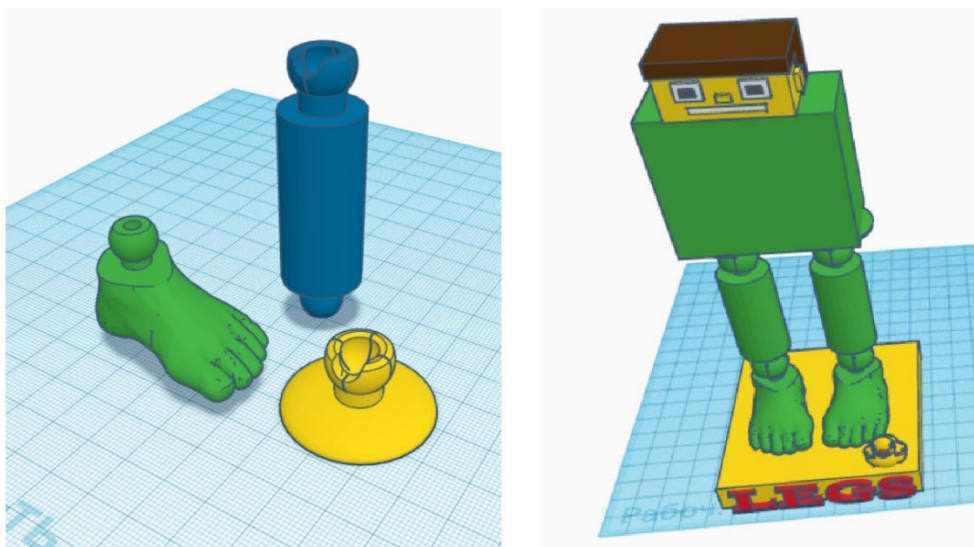


Рис.2. Результати виконання завдання 1

Як приклад розглянемо зразки студентських робіт з виготовлення моделей для протезування очей, що створювались на основі тримірної моделі очниці. Згідно класифікації виділяють наступні типи очних протезів: активний (рухомий, що виконує косметичну та частково лікувально-профілактичну функції ока) та пасивний (нерухомий, що виконує косметичну функцію). Пасивні бувають у формі кулі чи коронки. На рисунку 3 подано студентські роботи зі створення моделей пасивних очних протезів.

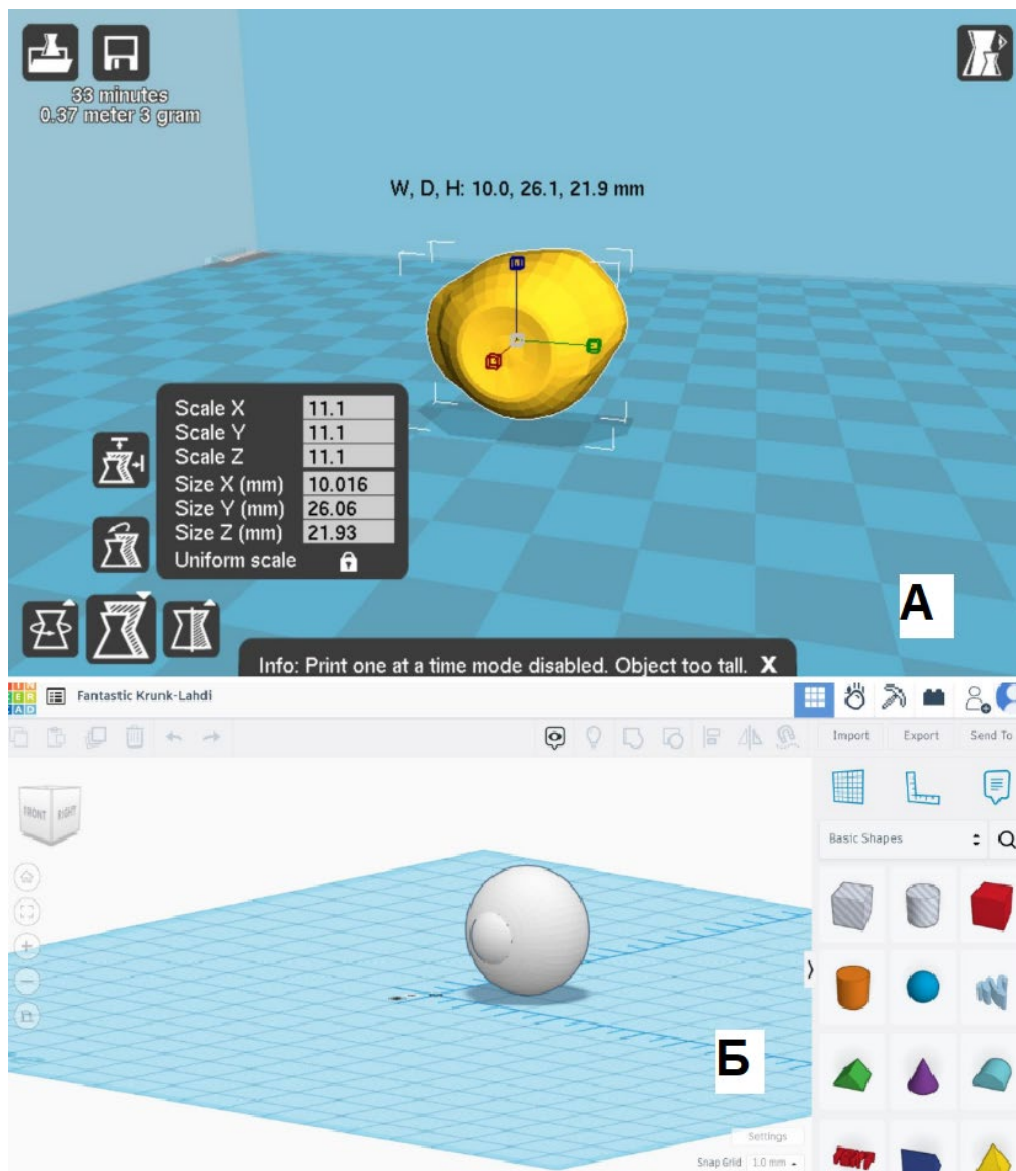


Рис. 3. Пасивні очні протези. А – у формі коронки. Б – у формі кулі

Сьогодні пасивні очні протези, що мають форму кулі («штучне око») стали буденністю. Це один з перших типів протезів, особливий імплант, що замінює функції ока. Він широко застосовується в дитячій офтальмології для забезпечення правильного формування черепа, також допомагає дитині подолати тривоги та комплекси. Протези, що мають форму коронки більш сучасні. Вони застосовуються для корекції зовнішнього вигляду повнолітніх людей, що втратили око через хвороби чи нещасний випадок. Професійно змодельований та виготовлений імплант дозволяє заповнити форму і функцію втраченого ока, тобто має косметичне (перетворює людину ззовні) та лікувально-профілактичне (захищає від зовнішнього впливу) значення [11]. На

практичний заняттях здобувачі опановують професійні програмні пакети для 3D-моделювання (Tinkercad, Autodesk, Blender, Cura та інші.).

Tinkercad підтримує імпорт та експорт файлів 3D-моделей у форматах *.stl, *.obj, *.svg. Це дозволяє подальше редагування існуючих або корегування сканованих 3D-моделей, їх збереження для подальшої передачі, обробки, друку. Можливість експорту 3D-моделі дозволяє здійснювати пост обробку в більш професійних програмних пакетах для 3D-моделювання (Рис. 4).

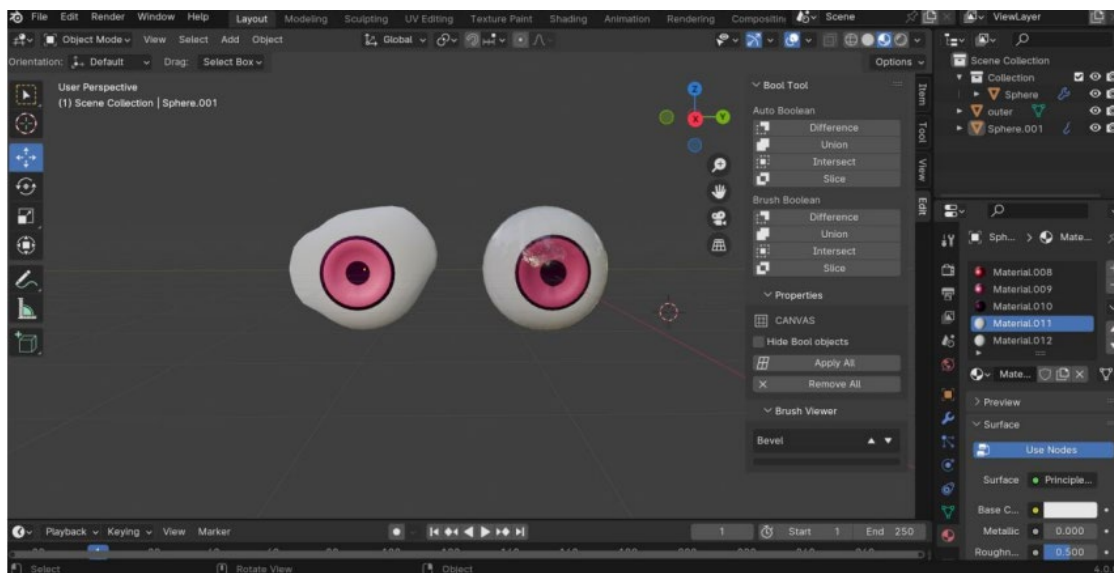


Рис. 4. Експортована модель та її обробка в програмному пакеті Blender

Розроблені моделі далі експортуються та готуються до друку. Зазвичай тестові моделі очних протезів друкуються з будь яких доступних матеріалів (PLA, ABS). Готові зразки протезів можна друкувати лише біосумісними матеріалами. Підготовку тестової моделі очного протеза до друку здобувачі опановували в програмі Ultimaker Cura. На рисунку 5 подано фрагмент пошарового друку моделі пасивного очного протезу

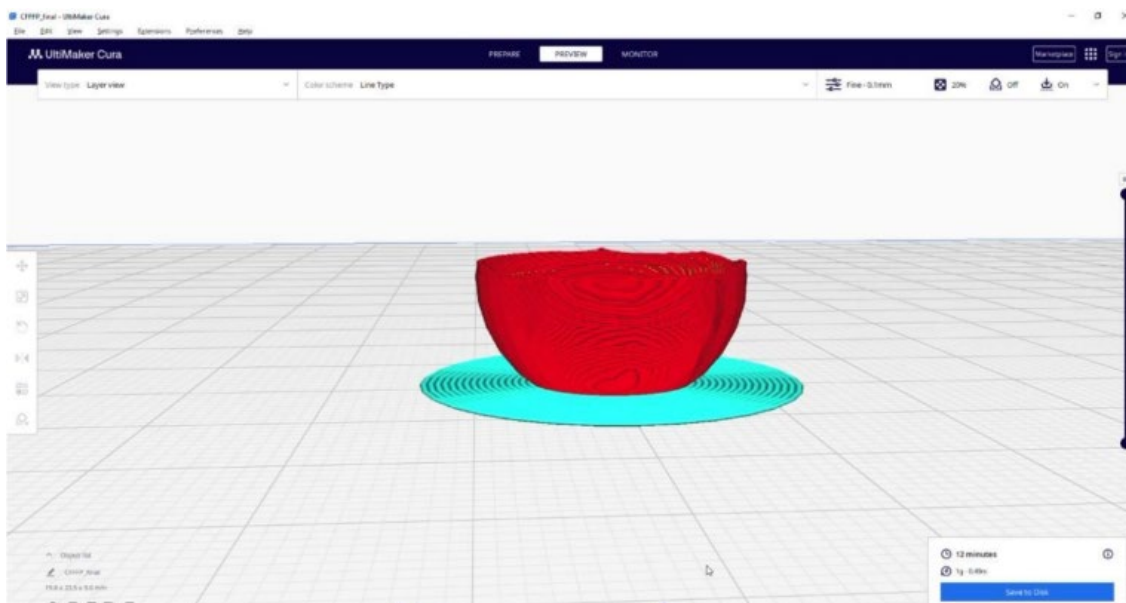


Рис. 5. Фрагмент пошарового друку моделі пасивного очного протезу

Технології тривимірного моделювання активно увійшли в галузь медичних досліджень, адже ця область зачіпає найбільш складні наукові питання – здоров'я та життя людини. В Україні 3D-моделювання та друкування протезів, коронок, частин тіла та органів людини досі залишається не достатньо вивченою сферою науки. Щоправда, в останні кілька років, приватні клініки все частіше використовують адитивні технології в стоматології, ортопедії та протезуванні.

Звичайно, існує немало проблем щодо інтеграції 3D-технологій в медицину, освіту, виробництво, зокрема, це: брак чи застаріле обладнання в закладах освіти та на підприємствах, відсутність стандартизованої програми підготовки фахівців. Однак, заклади вищої освіти не стоять осторонь розв'язання цих нагальних питань. Щорічно відбувається оновлення навчальних планів підготовки здобувачів, вводяться інноваційні освітні компоненти, впроваджуються нові освітні проекти. В рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр» (номер 586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP) розроблено навчальну дисципліну та методичний супровід до дисципліни «3D-друкування в умовах біомедичного використання» (2019-2020 р.р.). В межах реалізації проекту здобувачі знайомились з видами 3D-технологій та їх можливостями, варіантами використання 3D-друкування в біомедичних цілях, здобували практичні навички вибору методів та інструментів для 3D-друкування з використанням різних матеріалів. Здобувачі працювали над індивідуальними та груповими проектами зі створення моделей індивідуальних протезів та імплантів верхніх та нижніх кінцівок за показниками та параметрами хворого, зі знімків МРТ хворого, тощо. Результати проектної діяльності здобувачі презентували та захищали на практичних заняттях, науково-методичних семінарах та конференціях. Участь у проекті, що здійснювався за підтримки офісу Erasmus+, стала цінним досвідом інноваційної освітньої діяльності.

2.3. Застосування 3D-технологій для підготовки здобувачів мистецьких спеціальностей

Незважаючи на зовсім юний вік 3D-технології динамічно розвиваються та міцно закріпились не тільки в світі комп'ютерної та медичної індустрії, а й широко впроваджуються в різні галузі промисловості та мистецтва. 3D-технології відкрили нові можливості для розвитку мистецтва, зокрема сприяли появі нового мистецького напрямку, що отримав назву 3D-art (3D мистецтво). 3D-art або його елементи все частіше застосовують в багатьох сферах: від архітектури до дизайну, від кінематографії до театру, тощо. Твори, що створюють 3D-художники є унікальними та сучасними, оскільки втілюють творчі, інколи фантастичні, ідеї митців у віртуальному світі.

Розглянемо приклади застосування 3D-технологій в архітектурі.

Сучасне використання 3D-технологій в архітектурі не сильно відрізняється від інших галузей, за винятком того що найпоширенішою технологією є FDM та її модифікації. На рисунку 6 наведено приклади застосування технології FDM для створення будинку в масштабі 1:1. У правій частині рисунку подано модель, що виготовлена з пластику за технологією FDM (для зображення сучасних архітектурних можливостей).

З довідкової літератури відомо, що вперше для створення архітектурних моделей застосовано технологію LOM, яку винайшов Михайло Фейген у 1985 році [13, С.86]. Суть технології – формування об'ємної 3D-моделі з пошарового спікання листового матеріалу, що відбувається як вручну, так і за допомогою LOM-принтера. На рисунку 7 наведено приклади застосування технології LOM задля створення 3D-моделі ландшафту.



Рис. 6. Приклади застосування 3D технологій в архітектурі



Рис. 7. Застосування LOM технології задля створення макету гірського ландшафту

Архітектурна 3D-візуалізація (рендер, тривимірне зображення екстер'єру або інтер'єру будівлі, створене за допомогою комп'ютера) у наші дні стала невіддільною частиною проєктів у галузі архітектури та дизайну інтер'єру. 3D-рендери та відео (3D-анімації) дозволяють наочно та реалістично продемонструвати дизайн будинку чи квартири ще до його втілення у життя [14, С. 23-35].

Основою для 3D-друкування є цифрова модель будівлі BIM. Найбільш поширеним форматом файлу інформаційної моделі є розширення STL. Щорічно удосконалюється програмне забезпечення для проєктування моделей. Популярними є програми для створення макетів є ArchiCAD, Allplan, Revit, FreeCAD Arch, Dynamo, B-processor. 3D-друк в архітектурі може виконуватися за допомогою різних технологій і матеріалів:

- FDM друкування пошаровим наплавленням термопластиків ABS, PLA, NIPS – найбільш швидкий і недорогий спосіб друку макетів;
- SLA друкування з фото полімерів смол забезпечує високу деталізацію й застосовується для виготовлення невеликих об'єктів, що вимагають якісного опрацювання;
- SLS друкування використовується для 3D-друкування макетів будівель і споруд зі складною геометрією [13; 15].

Отже, 3D-технології забезпечують високу гнучкість дизайну, дозволяють досягти балансу між формою, функціональністю й естетикою.

Розглянемо ще один напрямок застосування 3D-технологій – 3D-скульптинг (художник на комп'ютері ліпить 3D-об'єкт – детальну скульптуру). Цифровий скульптинг є багатошаровим процесом. Сучасне програмне забезпечення (Autodesk 3ds Max, Blender, Daz Studio, FreeCAD, SketchUp, MeshMixer, Fusion 360, Vectary) дозволяє імітувати дії, що виконує скульптор (розгладжування, стискання, витягування, тощо). Працюючи з матеріалом, схожим на оцифровану глину 3D-художник створює детальні скульптури, мініатюрні копії та репліки, що імітують предмети та текстури реального життя. Художники можуть почати з базової моделі, виконаної в додатку для 3D-моделювання. Однак далі художник має опанувати роботу в програмах для 3D-ліплення (Maya, Zbrush), перелік яких постійно розширюється. Потрібно зазначити, що цей вид моделювання відрізняється від інженерного моделювання, оскільки скульптинг – більш інтуїтивний метод, що дозволяє створювати деталі чи форми «на око» [16]. На рисунку 8 представлені роботи одеських скульпторів, що створені в рамках проекту «Дуже цифрові резиденції», мета якого – створення і збереження цифрових копій одеської культурної спадщини.



Рис. 8. 3D-скульптури об'єктів культурної спадщини міста Одеса

Поєднуючи в собі художній смак, творчий підхід та технічні навички, здобувачі, що засвоїли основи роботи з 3D-технологіями, працюють у різних галузях та втілюють у життя різнопрофільні проекти. Навички 3D-моделювання та 3D друкування сьогодні корисні в будь-якій професії та спеціальності.

Наприклад, протягом 2020-2023 років у Вінницькому державному педагогічному університеті імені Михайла Коцюбинського впроваджувався проект програми Еразмус + Модуль Jean Monnet 620252-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE. Здобувачі ступеня вищої освіти бакалавр спеціальності 013 Початкова освіта, в рамках вивчення факультативного курсу «Підготовка майбутніх педагогів до впровадження європейського досвіду формування soft skills дітей дошкільного віку та учнів початкової школи засобами театральної діяльності» також знайомились з можливостями 3D-технологій, що застосовуються сьогодні для конструювання 3D-моделей одягу (костюмування), створення 3D-ефектів (кінематограф, сценічне мистецтво), моделювання 3D-ширм, декорацій, театральних ляльок (театральне мистецтво [17, С. 276]. Приклади та зразки 3D-моделей подано на рисунках 9 -11.

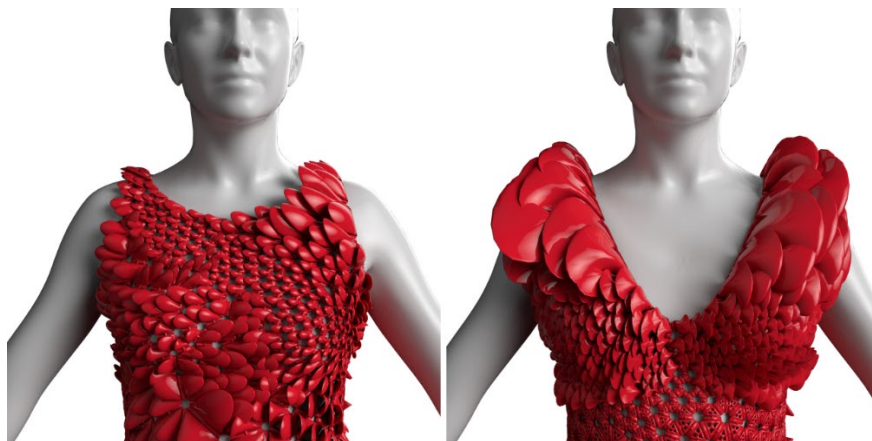


Рис. 9. Приклади 3D-моделей одягу

Виготовлення моделей одягу та костюму за допомогою 3D-технологій є фінансово вигідним, особливо при створенні одиничних зразків.

Здобувачі знайомились із технологіями накладання текстури на об'єкт із захопленням руху, заміни фону, корекції погляду, які можна самостійно опанувати та застосовувати навіть в домашніх умовах (Рис. 10, 11).



Рис. 10. Накладення текстури на об'єкт та захоплення руху

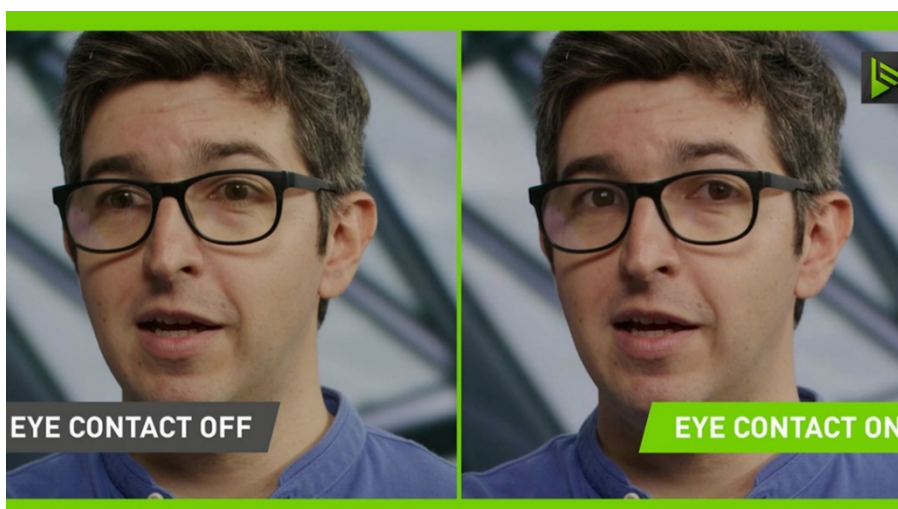


Рис. 11. Захоплення та корекція погляду

Робота з мультимедією та 3D-технологіями на екрані та сцені набуває все більшої популярності. За словами Марії Пяткової, хореографа-постановника Берлінського мультимедійного театру Post theatre, авторки проекту «I-Reflections Lab»: «Вирішальними для якості вистави стають не технічні хитрощі, а вміння грамотно застосувати технології в контексті сучасного спектаклю, не стомлюючи при цьому глядача і акторів численними ефектами» [18].

У ході практичних занять з навчального практикуму «Використання європейського досвіду опанування основами режисури та художньо-музичного оформлення театралізованого дійства» здобувачі працювали над груповим проектом «Створення ширми у вигляді 3D-сцени». У театрі ляльок ширма – це простір, що виконує функції сцени. Ширма несе багато інформації, оскільки на ній театральні художники створюють уявний простір (кріплять декорації, бутафорні речі), щоб перенести глядача в дивовижний світ пригод. Була розроблена модель ширми-трансформер, що містила три сектори: лісова галявина, українська хата зовні, українська хата з середини. Під час роботи над моделлю ширми, було враховано, функціональність майбутньої конструкції. Передня сторона ширми – для показу вистав. Підняття відкидної частини ширми трансформує в широкоформатний екран для показу театру силуетних або «живих» тіней. Бокові частини ширми мають темний колір, що перетворює модель в екран для театру тіней. Друга частина (задня сторона) – місце для розташування елементів декорацій. Третя частина ширми – мобільне полотно-декорація, котре можна повністю зняти (щоб не перешкоджати струменю світла під час показу театру тіней) чи замінити на інше. Унікальність розробленої моделі ширми-трансформер в тому, що її конструкція дозволяє швидко змінювати місце події, декорації у ході вистави чи динамічно перейти з лялькової вистави на тіньовий театр. Звичайно в ході реалізації проекту було багато труднощів, однак спільними зусиллями та злагодженій командній роботі творчий проект «Створення ширми у вигляді 3D-сцени» був вдало завершений. Це був цінний досвід з освоєння основ 3D-моделювання, вивчення можливостей застосування 3D-технологій в театрі та мистецтві, реалізації колективного творчого задуму [17, С. 276-278].

Висновки, рекомендації, перспективи подальших досліджень. За короткий час 3D-технології здійснили колосальний еволюційний шлях та розділились на два основні напрямки – швидке створення моделей та адитивне виробництво. 3D-технології стрімко розвиваються та змінюють наше уявлення про будівництво, медицину, промисловість та мистецтво. Завдяки своїм перевагам (покращення властивостей готової продукції, економічність, складність та мобільність виробництва, скорочення часу на моделювання та друк, можливість внесення оперативних змін на етапі розробки та виробництва, можливість створення одиничних унікальних зразків та реплік) 3D-технології пропонують стійкий, економічний, альтернативний традиційним методам, прогресивний шлях розвитку всіх сфер життєдіяльності людини.

Популяризація та мистецтво застосування 3D-технологій набуває особливого значення, оскільки значно розширює можливості здобувачів вищої освіти технічних та мистецьких спеціальностей, забезпечуючи їх сучасними знаннями та вміннями, відкриває нові перспективи для особистісного розвитку, допомагаючи їм стати інноваційними та гнучкими фахівцями в сучасному технологічному середовищі. Інтеграція 3D-технологій в освітній процес закладів вищої освіти сьогодні ефективно реалізується через проектну діяльність, розробку та впровадження інноваційних міждисциплінарних освітніх компонентів. Включення базових знань 3D-технологій у шкільну та університетську освіту дозволить реалізувати підготовку фахівців до майбутніх професій, які ще не існують сьогодні.

Перспективами подальших досліджень є розробка та реалізація нових освітніх проектів та технологій медичної та мистецької інноватики, удосконалення освітньо-

професійних програм з підготовки здобувачів професій майбутнього, здатних працювати та бути конкурентноспроможними в умовах інноваційної економіки та освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України № 1556-VII «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 05.03.2024).
2. Яшан Б., Скрипничук Н. Застосування технологій 3D друку в освітньому процесі як елемент stem освіти. Освітні обрії. 2023. №1(56). С.85-88.
3. Ford S., Minshall T. Where and how 3D printing is used in teaching and education. Additive Manufacturing. 2019. 25. P. 131-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
4. Romanyuk O., Romanyuk O., Chekhmestruk R., Mykhaylov P., Kovtonyuk M., Baranovska I., ... & Uvaysova A. Rendering of inhomogeneous volumes using perturbation functions. In Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. 2022. Vol. 12476. P. 135-140. URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12476/1247600/Rendering-of-inhomogeneous-volumes-using-perturbation-functions/10.1117/12.2659703.full?SSO=1> (date of access: 03.03.2024).
5. Струтинська О. Використання робототехніки та 3D технологій в умовах розвитку STEM освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2019. Вип. 7. С. 96-109. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>
<https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/282/pdf>
6. Смельянов Р., Гавриленко К. Впровадження навчання з використанням 3-D технологій. Наукові записки молодих учених. 2018. №2. С.7. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1556> (дата звернення: 03.03.2024).
7. Поташинська Н, Ізонін І. Технології 3D-моделювання в програмному середовищі 3ds Max з дисципліни «3D-Графіка». 2020. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/tehnologii-3d-modeljuvannja-v-programnomu-seredovischi-3ds-max-z-disciplini-3d-grafika.html> (дата звернення: 03.03.2024).
8. Барановська І., Барановський Д., Якименко Ю. Дистанційне навчання майбутніх учителів музичного мистецтва: виклики сьогодення. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 14: Теорія і методика мистецької освіти : зб. наук. праць. Київ. 2022. Вип.28. С. 76-84. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/39233> (дата звернення: 13.03.2024).
9. 3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. 2021. URL: <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-technology-comparison-fdm-vs-sla-vs-sls> (date of access: 30.11.2024).
10. Рубах М. Зворотній інжиніринг і адитивне виробництво. Світовий тренд імпортозаміщення та локалізації для забезпечення сталого розвитку URL: <https://old.newfolk.com.ua/ua/novyny/%D0> (дата звернення: 13.03.2024).
11. Bilynskyia Y., Zhivotivskyia S., Nikolskye A., Baranovskyi D., Tsikhanovskae O., Mamyrbayevf O., Dzierzakg R., Kydyrbekova A, Optical system for enhancing the precision of geometric parameter estimation for objects utilizing defocused images. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2023. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/38970> (date of access: 30.02.2024).
12. Minsu Ryoo1id, Daeho Kim1, Junseop Noh1, Song Ih Ahn. 3D-printed electronics for biomedical applications. International Journal of Bioprinting. 2024.Volume X. P. 1-19 https://www.researchgate.net/publication/384030246_3D-printed_electronics_for_biomedical_applications (date of access: 30.11.2024).

13. Злепко С., Тимчик С., Паламарчук М., Коваль Л., Душкевич А. 3D-біопрінтинг і розвиток класифікацій дентальної імплантації. Наукові праці ВНТУ. 2020. №3. С.85-88.
14. Людські органи на принтері, роботизовані протези і 3D-моделі частин тіла: медицина майбутнього в Україні та світі. URL: <https://thepharma.media/publications/articles/18766-ljudski-organi-na-printeri-robotizovani-protezi-i-3d-modeli-chastin-tila-medicina-majbutnogo-v-ukraini-ta-sviti> (дата звернення: 12.03.2024).
15. Барановська І., Мозгальова Н., Барановський Д., Бордюк О. Використання засобів ІКТ у процесі дистанційного навчання майбутніх учителів музичного мистецтва. Наукові записки: збірник наукових статей Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова. 2021. Випуск СЛ (150). С.21-37. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/35295> (дата звернення: 13.03.2024).
16. Як і навіщо використовувати 3D друк при створенні архітектурних макетів. URL: <https://utsav.com.ua/uk/blog-uk/yak-i-navishcho-vikoristovuvati-3d-druk-pri-stvorenni-arkhitekturnikh-maketiv.html> (дата звернення: 03.03.2024).
17. Казьмірчук Н., Барановська І. Використання сучасних медіа-технологій у процесі організації театрального дійства у початковій школі. Інклюзивна освіта як індивідуальна траєкторія особистісного зростання дитини з особливими освітніми потребами : збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Вінниця, 10-11 грудня 2020 р. / ВДПУ імені Михайла Коцюбинського, 2020. Випуск 3. С.275-278.
18. Лабораторія перфомативних технологій від Марії Пяткової. Музика – український Інтернет-журнал. URL: <http://mus.art.co.ua/laboratoriia-performatyvnykh-mediatekhnolohiy-vid-marii-piatkovoii/> (дата звернення: 03.03.2024).
19. Avrunin O., Mustetsova E., Zabolotna N., Baranovskiy D., Dyvak A. Possibilities of apnea diagnostics by fuzzy logic methods. Information technology in medical diagnostics II. 2019. P. 39-47. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429057618-6/possibilities-apnea-diagnostics-fuzzy-logic-methods-avrunin-mustetsova-zlepk-zabolotna-baranovskiy-dyvak-maciejewski-bazarbayeva> (date of access: 30.11.2024).

Матеріал надіслано до редакції 23.03.2024 р.

Затверджено до друку 03.12.2024 р.

IMPLEMENTATION OF 3D MODELING TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL TRAINING OF TECHNICAL AND ART SPECIALISTS

Iryna Baranovskaya

PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Associate Professor of the Department of Art Disciplines of Preschool and Primary School Education
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

iryna.baranovska@vspu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8223-1683

Dmytro Baranovskiy

PhD of Technical Sciences, Associate Professor

National Aviation University

Kyiv, Ukraine

bdn993@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0019-6256

Abstract. This article investigates the application of 3D technologies in training biomedical engineering specialists and future art educators. The study highlights the relevance and potential impact of this field, emphasizing the importance of directing Ukraine's educational sector toward innovative pedagogical, methodological, and technical advancements. "Modern innovative technologies," particularly 3D technologies, are examined as a resource offering extensive potential for developing students' competencies and fostering their creative and professional growth. The article reviews scientific literature to identify avenues for integrating 3D technologies into educational practices, offering classifications based on various criteria. A comprehensive overview of 3D technologies is provided, focusing on two primary areas of development: 3D modeling and additive manufacturing. The study places special emphasis on layer fixation methods in 3D printing, including stereolithography (SLA), selective laser sintering (SLS), and fused deposition modeling (FDM), and describes commonly used materials and their applications. It is noted that students from various disciplines initially acquire foundational knowledge and skills in 3D modeling and model preparation using shared tools. As students progress, they adopt specialized software that aligns more closely with their field-specific needs. The article analyzes widely used and accessible software tools for creating and handling 3D models, identifying Tinkercad as particularly suitable for educational use. Examples include student projects in the biomedical engineering program, such as eye prosthesis models developed with Tinkercad in the "Introduction to 3D Modeling" course. Additionally, the integration of 3D technologies in the educational process is illustrated through the Erasmus+ (CBHE) BioArt project: "Innovative Multidisciplinary Curriculum on Artificial Implants for Bioengineering" (Project No. 586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP). The article also explores the potential of 3D modeling in various fields, including architecture, costume design, film, and performing arts. 3D technologies have opened new avenues in the arts, contributing to the emergence of "3D art," where artists often rely on intuitive techniques, allowing unique creative expressions. The study further examines the use of 3D technologies in the "Primary Education: Art" program as part of the Erasmus+ Jean Monnet Module (Project No. 620252-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-MODULE), which prepares future teachers to integrate European best practices in developing young children's soft skills through theatrical activities. In conclusion, the integration of 3D technologies in training students in both technical and artistic disciplines is not merely an educational trend but a necessity to prepare students for the modern labor market and ensure high-quality professional training, promoting the incorporation of new technologies in professional and educational settings. Future research directions include developing and implementing new educational projects and innovative technologies in medical and artistic fields, as well as enhancing educational programs to equip graduates with the skills needed to thrive in an innovative economy and education landscape.

Keywords: 3D technologies; 3D modeling; additive manufacturing; innovative technologies; biomedical engineering; art; art education

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Law of Ukraine "On Higher Education" № 1556-VII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (in Ukrainian).
2. Yashan, B. & Skrypnychuk, N. (2023). Application of 3D printing technologies in the educational process as an element of STEM education. *Osvitni obrii*. №1(56), 85-88 (in Ukrainian).
3. Ford, S. & Minshall, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*. 25, 131–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
4. Romanyuk, O., Romanyuk, O., Chekhmestruk, R., Mykhaylov, P., Kovtonyuk, M., Baranovska, I., ... & Uvaysova, A. (2022). Rendering of inhomogeneous volumes using perturbation functions. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022* (Vol. 12476, pp. 135-140). SPIE. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-pie/12476/1247600/Rendering-of-inhomogeneous-volumes-using-perturbation-functions/10.1117/12.2659703.full?SSO=1>
5. Strutynska, O. (2019). The use of robotics and 3D technologies in the context of STEM education development. *Electronic Scientific Professional Journal "Open educational e-environment of modern University"*. Issue 7, 96-109. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10> (in Ukrainian).

6. Yemeljanov, R. & Havrylenko, K. (2018). Implementation of training using 3-D technologies. *Naukovi zapysky molodykh uchenykh*, № 2, 7. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1556> (in Ukrainian).
7. Potashynska, N. & Izonin, I. (2020). Technologies of 3D modeling in the 3ds Max software environment in the discipline “3D Graphics”. <https://www.yakaboo.ua/ua/tehnologii-3d-modeljuvannja-v-programnomu-seredischi-3ds-max-z-disciplini-3d-grafika.html> (in Ukrainian).
8. Baranovska, I., Baranovskyi, D. & Yakymenko, Yu. (2022). Distance education of future music teachers: today's challenges. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M.P. Drahomanova. Serii 14 i metodyka mysteckoi osvity*, Issue 28, 76–84. <https://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/39233> (in Ukrainian).
9. 3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS. (2021). <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-technology-comparison-fdm-vs-sla-vs-sls>
10. Rubakh, M. (2022). Reverse engineering and additive manufacturing. The global trend of import substitution and localization to ensure sustainable development. <https://old.newfolk.com.ua/ua/novyny/%D0> (in Ukrainian).
11. Bilynskyi, Y., Zhivotivskyi, S., Nikolskyi, A., Baranovskyi, D., Tsikhanovska, O., Mamyrbayev, O., Dzierzak, R. & Kydyrbekova, A. (2023). Optical system for enhancing the precision of geometric parameter estimation for objects utilizing defocused images. *Proceedings of SPIE*. <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/38970> (in English).
12. Minsu, R., Kim, D., Noh, J. & Ahn, S. (2024). 3D-printed electronics for biomedical applications. *International Journal of Bioprinting*. Volume X, 1-19. https://www.researchgate.net/publication/384030246_3D-printed_electronics_for_biomedical_applications.
13. Zlepko, S., Tymchyk, S., Palamarchuk, M., Koval, L. & Dushkevych, A. (2020). 3D bioprinting and development of dental implantation classifications. *Naukovi pratsi VNTU*, Issue 3, 85–88 (in Ukrainian).
14. Human organs on a printer, robotic prostheses, and 3D models of body parts: medicine of the future in Ukraine and the world. <https://thepharma.media/publications/articles/18766-ljudski-organi-na-printeri-robotizovani-protezi-i-3d-modeli-chastin-tila-medicina-majbutnogo-v-ukraini-ta-sviti> (in Ukrainian).
15. Baranovska, I., Mozghalova, N., Baranovskyi, D. & Bordiuk, O. (2021). The use of ICT tools in the process of distance learning of future music teachers. *Naukovi zapysky: zbirnyk naukovykh statei*. Kyiv: Vyd-vo NPU imeni M.P. Drahomanova. Issue 150, 21-37. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/35295> (in Ukrainian).
16. How and why to use 3D printing when creating architectural models. <https://utsav.com.ua/uk/blog-uk/yak-i-navishcho-vikoristovuvati-3d-druk-pri-stvorenni-arkhitekturnikh-maketiv.html> (in Ukrainian).
17. Kazmirchuk, N. & Baranovska, I. (2020). The use of modern media technologies in the process of organizing theatrical action in primary school. Inclusive education as an individual trajectory of personal growth of a child with special educational needs: collection of materials of the 4th All-Ukrainian scientific and practical conference with international participation (December 10-11, 2020), Issue 3, 275-278 (in Ukrainian).
18. Laboratory of performance technologies from Maria Pyatkova. *Muzyka – Ukrainian Internet journal*. <http://mus.art.co.ua/laboratoriia-performatyvnykh-mediatekhnolohiy-vid-marii-piatkovoii/> (in Ukrainian).

19. Avrunin, O., Mustetsova, E., Zabolotna, N., Baranovskiy, D. & Dyvak, A. (2019). Possibilities of apnea diagnostics by fuzzy logic methods. In *Information technology in medical diagnostics II*, 39–47.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429057618-6/possibilities-apnea-diagnostics-fuzzy-logic-methods-avrunin-mustetsova-zlepko-zabolotna-baranovskiy-dyvak-maciejewski-bazarbayeva>.