**3-D моделювання**

**ДОБІР ПРОГРАМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ З 3D-ДРУКОМ**

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 1](#_Toc60009265)

[РОЗДІЛ І. ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ В ПРОЄКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ СТАРШОЇ ШКОЛИ 4](#_Toc60009266)

[1.1. Поняття про цифрову компетентність в проєктно-технологічній діяльності старшокласників 4](#_Toc60009267)

[1.2. Добір програмного забезпечення для 3D-моделювання 6](#_Toc60009268)

[1.3. Матеріали та технології 3D-друку 12](#_Toc60009269)

[Висновки до Розділу І 17](#_Toc60009270)

[РОЗДІЛ ІI. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ В ПРОЄКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ 18](#_Toc60009271)

[2.1. Використання 3D-моделювання та 3D-друку у старшій школі 18](#_Toc60009272)

[2.2. Алгоритми роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max для побудови тривимірної моделі з подальшим 3D-друком 22](#_Toc60009273)

[Висновки до Розділу ІІ 28](#_Toc60009274)

[ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 29](#_Toc60009275)

[СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 30](#_Toc60009276)

**ВСТУП**

У меті освітньої галузі «Технології» сформульовано основні задачі, що ставляться перед учителем, зокрема, це реалізація творчого потенціалу учнів, формування проєктно-технологічної і ключових компетентностей, критичного й технічного мислення тощо. В Законі України про освіту   
(2020 р.) [12] наведено перелік ключових компетентностей, які мають сформуватися в учня у процесі навчання, де серед інших указано інформаційно-цифрову компетентність. Інформатизація й цифровізація усього освітнього процесу, в т.ч. – застосування 3D-програм на уроках технологій, сприяють зміні ціннісних орієнтирів, що направлені на самовизначення кожного учня, формування та розвиток його творчої ініціативи, гнучкості, забезпечення реальних умов для реалізації індивідуальних можливостей у професійній діяльності та відповідно до власних життєвих інтересів.

Сучасним трендом в освітніх технологіях, що відповідає всім вимогам і володіє величезним потенціалом є 3D-технології. 3D-технології в освіті дозволяють урізноманітнити уроки та лекції, робити освітній процес ефективним і візуально-об’ємним. Застосування 3D-контента в класі дає можливість наочно пояснювати учням шкільну програму, сприяє «зануренню» в тему досліджуваного предмета в ході уроку, та дозволяє мобільно переходити від цілої структури до окремих її елементів, від складного до простого і навпаки.

Використання сучасних комп’ютерних технологій у навчальному процесі дозволяє будувати самостійне засвоєння навчального матеріалу, а методично-грамотно побудоване заняття з використанням сучасних програмних продуктів, у тому числі віртуального моделювання, дозволяє учням активно працювати впродовж усього відведеного часу.

Дослідження 3D-моделювання та інформаційних технологій входять до кола наукових інтересів таких вітчизняних науковців як: С. Сисоєва та М. Кадемія [20], які займалися проблемою застосування візуального моделювання учнів в ЗЗСО, Р. Гуревич [10] розглядав у своїх дослідженнях новітні інформаційні технології, серед яких було виділено й 3D-моделювання. О. Мосіюк [15] розглядав переваги використання 3D-моделювання під час проектно-технологічної діяльності на уроках «Технології». Проте, на цьому список майже добігає свого кінця, адже протягом останніх років проблемі використання 3D-моделювання в різних закладах освіти приділяли важливе значення, але не достатнє.

Аналіз сучасних підходів та досліджень в області використання технології 3D-друку на уроках Технологій зумовили вибір теми нашого дослідження: **«Добір програм 3D-моделювання для проєктної діяльності на уроках технологій з 3D-друком».**

**Об’єкт дослідження –** освітній процес трудової підготовки учнів на уроках «Технологій» в ЗЗСО.

**Предмет дослідження –** добір програм 3D-моделювання для проєктної діяльності на уроках технологій з 3D-друком.

**Мета дослідження –** обґрунтувати вибір оптимального програмного забезпечення та технології для 3D-друку в освітньому процесі на уроках технологій у старшій школі під час проєктування та моделювання шкільного творчого проєкту «органайзер» як тривимірної моделі, а також, використовуючи обрані графічні редактори, змоделювати 3D-моделі.

**Методи дослідження:**

*теоретичні* – вивчення та аналіз літературних джерел з даної теми дослідження на основі вивчення філософської, психолого-педагогічної і науково-методичної літератури, змісту навчального предмета «Технології» у ЗЗСО; аналіз результатів педагогічної практики.

*Емпіричні*: вивчення та узагальнення вітчизняного і закордонного досвіду про вивчення та застосування 3D-редакторів у закладах загальної середньої освіти.

*Практичні*: отримання нових, готових 3D-моделей (ваз) для подальшого 3D-друку.

Об’єкт, предмет та мета дослідження зумовили на виконання таких **основних завдань:**

1. Провести аналіз поняття про цифрову компетентність в проєктно- технологічній діяльності старшокласників.
2. Дібрати програмне забезпечення для 3D-моделювання.
3. Розглянути різновиди матеріалів і технологій 3D-друку та їхні особливості.
4. Дослідити використання 3D-моделювання та 3D-друку у старшій школі.
5. Розробити алгоритми роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max для побудови тривимірної моделі з подальшим 3D-друком.

**Практичне значення одержаних результатів.** Створено тривимірні моделі виробів (органайзери), а також їхні алгоритми побудови 3D-моделей від початку до кінця їхньої розробки та виходу на 3D-друк.

**Теоретичне значення.** Розроблено елементи методики створення спрощених моделей для 3D-друку та впровадження 3D-друку в освітній процес трудової підготовки учнів в ЗЗСО.

**Елементи наукової новизни:** в даній роботі було здійснено добір оптимального програмного забезпечення для 3D-моделювання, розглянуто використання (алгоритм) Autodesk 3Ds Max та Blender як засобу моделювання тривимірних моделей.

**РОЗДІЛ І. ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ В ПРОЄКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ СТАРШОЇ ШКОЛИ**

* 1. **Поняття про цифрову компетентність в проєктно-технологічній діяльності старшокласників**

Компетентність у цифрових технологіях [27] досить ефективно може формуватись під час вивчення навчального модуля «Комп’ютерне моделювання». Аналізуючи дану компетентність, можна дійти висновку, що вона набуває активного розвитку, а в перелік її компетенцій постійно вносяться зміни відповідно з удосконаленням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Сюди ж можна віднести здібності та навички використовування цифрових технологій в повсякденному житті, вміння критичної оцінки технологій, мотивацію до участі у цифровій культурі, а також технічні навички, пов’язані найчастіше з комп’ютерною грамотністю.

Подальший розвиток концепції цифрової компетентності висвітлюється у різних уявленнях про цифрову культуру і цифрове громадянство. Сьогодні цифрова культура – це частина повсякденного життя громадянина (учня) інформаційного суспільства, і вона також повинна регламентуватися за допомогою законів і етичних правил поведінки, правил безпеки, спільно створених громадянами цього суспільства [22].

Однак, внаслідок стрімкого розвитку ІКТ [13] формування відповідної компетентності відстає від досягнень науково-технічного прогресу. Норми і цінності, які повинні стати регуляторами людської поведінки в новій культурі, нерідко слабо відпрацьовані і осмислені.

Сьогодні погляди про потребу у дослідженні віртуальної реальності кардинально змінюються – реальність і віртуальність вже не протиставляються. З’явився цифровий світ, який трансформує життя і діяльність людини.

У сучасному суспільстві людина перестає бути просто користувачем віртуального простору або фахівцем, що його підтримує. Все більше тісний взаємозв’язок реальності й віртуальності в значній мірі надає нашій сучасності такі атрибуції, як: різнорідність, складність, пластичність, неоднозначність, рухливість, швидкість, парадоксальність і невизначеність, що прийшли на зміну рівновазі та стійкості. Їх сукупність, помічена на початку нового тисячоліття відомим соціологом Зігмунтом Бауманом, яка лягла в основу нової метафори, що визначає наше суспільство як «плинна сучасність» [23].

Цифровий світ висуває нові вимоги до своїх громадян [19]: знати і вміти щось як і раніше важливо, але вже недостатньо, оскільки це дає лише статичну картинку. Щоб пояснити і передбачити подальший розвиток, виявити сильні й слабкі сторони та шляхи соціальних змін, потрібно враховувати те, як людина ставиться до цього світу, чого він хоче, до якого розвитку готовий, за що бере на себе відповідальність, які його права і обов’язки.

Тому, кажучи про цифрову компетентність, ми маємо на увазі не тільки знання і навички користувача, але також його мотивацію, відповідальність, впевненість та взаємозв’язок із цифровими технологіями для освіти, праці та суспільства.

Серед базових знань, навичок та ставлень, що стосуються цієї компетентності, можна виділити наступне [26]:

* особи повинні розуміти, як цифрові технології можуть підтримувати комунікацію, творчість та інноваційність, усвідомлювати їхні можливості, обмеження, наслідки та ризики. Вони повинні розуміти загальні принципи, механізми та логіку, що лежать в основі цифрових технологій, які розвиваються, а також знати основи функціонування та використання різних пристроїв, програм та мереж;
* особи повинні критично підходити до достовірності, надійності та впливу інформації й даних, що є доступними цифровими засобами та усвідомлювати юридичні й етичні принципи, пов’язані з використанням цифрових технологій;
* особи повинні вміти використовувати цифрові технології для підтримки активного громадянства та соціальної інтеграції, співпраці з іншими, для творчості, для досягнення особистих, соціальних чи комерційних цілей.

Цифрова компетентність завбачує такі навички, як вміння використовувати, фільтрувати, оцінювати, створювати, програмувати та поширювати цифровий контент. Також, вміння стосовно керування та захисту інформації, вмісту даних, ефективна праця із програмами пристроями і роботами.

Робота з цифровими технологіями та вмістом вимагає рефлексивного та критичного, і водночас допитливого, відкритого та перспективного ставлення до їх розвитку. Вона також вимагає етичного, безпечного та відповідального підходу до використання цих інструментів, що веде до розвитку творчої уяви та художніх здібностей учнів [11].

**1.2. Добір програмного забезпечення для 3D-моделювання**

3D-принтер для своєї роботи вимагає відповідного програмного забезпечення. Останнє – досить специфічне, так як в результаті його роботи має бути отримано не плоске, а тривимірне зображення. При цьому отримана модель повинна повністю відповідати поставленій оператором задачі. Для повноцінної роботи з 3D-принтером необхідні як програми, направляючі роботу самого робота – керуючі програми, так і 3D-редактори, за допомогою яких можливо здійснити обладнанню конкретне завдання [9].

3D-моделювання – це по суті створення тривимірних комп’ютерних зображень і графіки, за допомогою різної сукупності методів та засобів, що необхідні для створення цих об’єктів. Інформація, яка представлена за допомогою візуальної форми, сприймається легше, при цьому складні інформаційні структури і взаємозв’язки усвідомлюються за більш короткий проміжок часу, у більшому об’ємі і з меншими спотвореннями в порівнянні з іншими використовуваними методами. Загалом, суть 3D-моделювання полягає в тому, що за допомогою проєктувальника здійснюється розробка геометричної моделі у наочному вигляді, а побудова креслення об’єкту виконується на завершальному етапі в автоматичному режимі, передбаченому графічними редакторами сучасних пакетів.

Основний процес моделювання являє собою з’єднання наборів точок з лініями і полігональними фігурами для створення каркасних моделей.

До «засобів 3D-моделювання», відносять ті інструменти (тобто програми для 3D-моделювання), які безпосередньо використовуються для створення нашої моделі, тому що 3D-принтер для своєї роботи вимагає відповідного ПЗ.

Програми можна розділити умовно на безкоштовні та платні, тобто ліцензійні. За типом моделювання вони можуть бути: 1) математичними (параметричними) – ці програми призначені для програмістів, які можуть писати програми у вигляді коду; 2) геометричними – моделювання здійснюється за допомогою відрізків, точок, полігонів, геометрії тощо;   
3) скульптурними – програми, які замість геометричних фігур використовують «масу» і є специфічними видами.

Що стосується загальної класифікації ПЗ [2] для адитивних технологій, то його умовно можна поділити на такі програми, як: програми для об’ємного сканування; програми для 3D-моделювання (формування 3D-моделі); програми для виведення на друк створених 3D-моделей; програмне забезпечення, що застосовується для управління друкарським обладнанням.

Загалом, для 3D-моделювання існує велика кількість програм, серед яких можна виділити: Google Sketchup, Autodesk Maya, Autodesk 3Ds Max, Sculptris, Blender 3D тощо. Таке програмне забезпечення дозволяє створювати повністю з «нуля» моделі та дешеві прототипи, які можуть бути використані в різних галузях виробництва.

Для того, щоб краще дібрати 3D-редактор проєктно-технологічної діяльності учнів 10-11 класів, нами була складена порівняльна таблиця властивостей графічних редакторів (табл.1) [31].

Таблиця 1.1

*Порівняння основних вживаних властивостей програм*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ з/п** | **Програмний**  **продукт** | **Вільний доступ** | **Експорт/**  **Імпорт**  **STL-файлів** | **3D в**  **реаль-ному**  **часі** | **ОС** | **Реалістич-ність зображень** |
| 1 | T-Flex Cad 3D | - | **+** | + | Windows | + |
| 2 | Google Sketchup | **+** | **+** | **-** | Windows,  Mac | - |
| 3 | Autodesk  3Ds Max | **+** | **+** | + | Windows,  Mac | ++ |
| 4 | Autodesk Maya | - | **+** | + | Windows,  Mac | - |
| 5 | Blender 3D | + | **+** | + | Windows | -/+ |

Враховуючи дані з отриманої таблиці, можна стверджувати, що для створення 3D-моделей найкраще підходять програми Autodesk 3Ds Max та Blender. Тому далі було здійснено порівняння саме зображення 3D-моделей в самих програмах для остаточного вибору графічного редактора (табл. 1.2)

Таблиця 1.2

*Порівняння графічних редакторів за якістю 3D-моделі*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ з/п** | **Програмний**  **продукт** | **Метод 3D-моделювання** | **Зображення 3D-моделі** |
| 1 | Autodesk  3Ds Max | За допомогою примітивів |  |
| 2 | Blender 3D | За допомогою примітивів |  |

Як бачимо, візуалізація 3D-моделей у графічних редакторах Autodesk 3Ds Max та Blender 3D суттєво відрізняється, у Blender 3D органайзер має ломану текстуру, погану передачу світлотіні, розмитий текст, а сам інтерфейс є дуже не практичним та не зручним. В той час як, у Autodesk 3Ds Max 3D-модель має гладеньку текстуру, чітке відображення тексту, чудову передачу світлотіні та зручний інтерфейс. Тому, саме Autodesk 3Ds Max знаходиться на першому місці, особливо завдяки таким своїм можливостям як: 1) універсальність, яка дозволяє змоделювати будь-який проєкт без обмежень; 2) висока ступінь реалістичності зображень 3D-моделі; 3) графічний редактор Autodesk 3Ds Max є ліцензійною програмою, яка видається учням та студентам на чотири роки, після проходження реєстрації на офіційному сайті.

Оскільки серед представлених в таблиці програм для 3D-друку мають істотну різницю лише два редактора, тому доречно буде розглянути їх більш детально.

**3Ds Max** [8]. Традиційно ця програма вважається професійним інструментом архітекторів і дизайнерів інтер’єру. Причиною цього є зручність в 3D-моделюванні твердотілих об’єктів, велика свобода в створенні моделей і якісні модулі для фото реалістичної візуалізації. Але, на сьогодні відомо, що Autodesk 3Ds Max дозволяє здійснювати велику кількість функцій з виходом за рамки архітектурних моделей.

Серед основних функцій даної програми можна назвати створення і редагування 3D-графіки. Для того, щоб доповнити вже створенні об’єкти та довести їх до реального зовнішнього вигляду, використовують іншу решту опцій. Програма оснащена величезною кількістю різноманітних модифікаторів, інструментів для роботи з моделями. 3Ds Max пропонує такі типи проєктування тривимірних об’єктів [7]:

1. Полігональне моделювання. Воно є найпоширенішим видом 3D-моделювання, яке зустрічається у більшості пакетах 3D-графіки, також може бути використане для розробки моделей різної складності.

2) Моделювання на основі примітивів. 3Ds Max вже має стандартні об’єкти, так звані примітиви. У багатьох випадках утворення моделей починається саме з них, адже до таких примітивів застосовані різноманітні модифікатори.

3) На основі сплайнів. Є базовим способом моделювання. За допомогою них можливо здійснити побудову каркасу, виробів з тривимірних кривих (сплайнів). Та вже на їхній основі генерується сам 3D-об’єкт.

4) На основі NURBS-кривих. NURBS, або неоднорідно-раціональний В-сплайн є особливою технологією розробки 3D-моделей. Даний сплайн є ідеальним варіантом для моделювання тих об’єктів, основу яких складає гладка поверхня.

5) На основі поверхонь Безьє. Особливий спосіб 3D-моделювання на основі кривих Безьє. Найчастіше застосовується до окремих частин 3D- моделі, для яких створюється мережа контрольних точок. З їх допомогою поверхню можна розтягувати в будь-якому напрямку.

Загалом, Autodesk 3Ds Max – є найпотужнішим та функціонально- універсальним додатком для тривимірної графіки. 3Ds Max є стандартною програмою, для якої було створено багато плагінів, 3D-моделей, багато курсів і відео-уроків. Дана програма найкраще підходить для того, щоб навчитися комп’ютерній графіці.

Серед можливостей вищезазначеного програмного продукту можна виділити ще й такі [1]: моделювання на основі полігонів, сплайнів і NURBS; використання потужної системи частинок; наявність в арсеналі модулю волосся/шерсть; розширення для шейдерів ShaderFX; підтримка нових і вдосконалених механізмів Iray і mentalray; анімація натовпу; імпорт з Revit і SketchUp; інтеграція композитінга.

Переваги: безкоштовність, ліцензійність, функціональність, наявність великої кількості плагінів та інформації.

Проте, недоліком такого графічного редактора є його не просте освоєння інтерфейсу, яке потребує часу для практики.

Отже, даний графічний редактор має широке застосування у різних галузях, починаючи від машинобудування, і закінчуючи створенням фільмів, мультиплікації та кліпів. 3Ds Max має досконалий функціонал для створення статичної графіки, адже застосовуючи дане ПЗ, можна створити реалістичні об’єкти екстер’єру, інтер’єру тощо. Завдяки своїй універсальності та еталонності даний редактор має широкий вибір розроблюваних 3D-моделей в просторах Інтернету, що є ще одним плюсом для нього. Крім того, завдяки графічному редактору 3Ds Max можна керувати частинками та створювати різні ефекти – від моделювання анімованих масивів об’єктів до імітації всіляких природних явищ. Програма сумісна з різними додатками Autodesk (AutoCad), а також складається із великої кількості архітектурних матеріалів з гнучким налаштуванням візуалізатора.

**Blender** [20] – це пакет для створення тривимірної комп’ютерної графіки. Його використовують для 3D-моделювання і візуалізації, що вкрай важливо для різних сфер діяльності.

В першу чергу візуалізація та моделювання необхідні для 3D-модельєрів, які створюють 3D-моделі персонажів, будівель, техніки, тварин, для ігор, і рідше – в кіноіндустрії. Без візуалізація не обходиться створення зовнішньої реклами, друкованої продукції, дизайн сайтів тощо. Найчастіше набагато простіше і швидше змоделювати об’єкт в потрібному ракурсі, ніж шукати його і підбирати ракурс або малювати, і виходить набагато реалістичніше, так як при візуалізації об’єкта враховуються фізичні особливості об’єктів. А якщо необхідно включити в дизайн об’єкти, які не існують в реальному світі, то їх можна тільки змоделювати або намалювати. Так як програма є векторною, у результаті − можна отримати дуже якісні картинки кращі ніж фотографії.

**1.3. Матеріали та технології 3D-друку**

У сучасному світі у всіх сферах нашого життя застосовуються і розробляються сучасні технології, в тому числі і тривимірного друку. Останній вже широко задіяні у будівництві, медицині, ювелірній справі, кулінарії, машинобудуванні тощо. На сьогодні основне обладнання для таких технологій − 3D-принтери, завдяки своїй компактній структурі можуть бути розміщені в будь-якому місці, офісі, виробництві, а також вдома [5]. В основі кожного такого 3D-принтера закладена певна технологія друку. Залежно від цього використовуються найрізноманітніші матеріали: смоли, полімери, металевий або керамічний порошок. Найбільш поширеною і зручною для використання (в т.ч. в домашніх умовах) вважається FDM-технологія, де витратним матеріалом для друку служить полімерна нитка [4].

В принципі роботи будь-якого 3D-принтера лежить пошарове створення моделі. Спочатку створюється тривимірне креслення майбутнього виробу, а потім в спеціальній програмі відбувається підготовка завдання для друку. Модель розбивається на шари, кожній точці присвоюються координати. Якщо у виробі є елементи, що звисають, під них можуть створюватися опори, щоб друкуючій голівці було куди нанести матеріал. По завершенні процесу ці опори можна відокремити (розчинити). В конструкції принтера передбачений робочий стіл, де і відбувається створення об’єкта. Друкуюча головка (екструдер) рухається за заданими координатами Х і У, подаючи розплавлений матеріал. Полімер миттєво твердне. Кожен раз, коли завершується створення шару, робочий стіл опускається по осі Z на висоту, рівну висоті шару [18]. По завершенні друку виріб очищається від надлишків матеріалу (в разі необхідності) і відразу ж готовий до застосування. Сучасні термопластики для друку дозволяють створювати міцні моделі, стійкі до перепаду температур і впливу агресивних середовищ [24].

Загалом пластик є одним із найбільш поширених витратних матеріалів для адитивного виробництва. Асортимент термопластиків і композитів, призначених для різних технологій 3D-друку, виключно різноманітний і дозволяє здійснити вибір, виходячи з поставлених завдань, які найбільше підходять за фізико-механічними властивостями матеріали, тому в залежності від фізико-механічних та хімічних властивостей матеріалів, а також в залежності від призначення тривимірної моделі, для якої буде використаний даний пластик, розрізнять такі види матеріалів [16] для друку: PLA-пластик, ABS-пластик, PETG/PET/PETT-пластик, PC-пластик, поліамід, фотополімерна смола, металеві сплави, віск тощо.

Для того щоб зрозуміти який пластик буде найкращим для 3D-друку тривимірної моделі, потрібно розглянути їхні характеристики більш детально.

*PLA-пластик.* На першому місці є саме даний пластик, його ключовою складовою є цукрова тростина і кукурудза, а в самій основі лежить молочна кислота. Вироби з PLA-пластика мають рівну і гладеньку поверхню, що ідеально підходить для друку підшипників ковзання. Матеріал нетоксичний, завдяки чому широко застосовується для виробництва різних іграшок і сувенірів. Даний матеріал має лише один недолік, який полягає у недовговічній експлуатації. Готовий виріб з пластику може прослужити до декількох років при мінімальному використанні та температурі до «+50» градусів.

*ABS-пластик.* Він відрізняється практично повною відсутністю запаху і не виділяє токсичних хімічних речовин. Має безліч позитивних характеристик, включаючи підвищену ударостійкість при високій еластичності й м’якості матеріалу, а також просту механічну обробку. Висока розчинність в ацетоні дозволяє легко склеювати деталі і згладжувати зовнішні поверхні виробів. Кінцеві вироби без фарбування чутливі до дії ультрафіолету і наділені невисокими електроізоляційними властивостями.

*PETG/PET/PETT-пластик.* Даний пластик в чистому вигляді майже не використовують для 3D-друку, проте застосовують один із його різновидів PETG. Він більш довговічний і володіє набагато меншою температурою переробки.

*PC-пластик (полікарбонат).* Він має високу міцність, зносостійкість, термостійкість, а також підвищений опір до фізичних дій. Витримує температуру до 110°C. Даний матеріал прозорий, гнучкий, легко гнеться і не деформується. Дуже добре підходить для використання в автомобілебудуванні, медицині та приладобудуванні.

*Поліамід.* Даний матеріал є порошковим і спікається за допомогою використання лазеру. Список поліамідів досить великий та містить багато пластиків. Поліаміди використовуються для виготовлення кінцевих виробів, функціонального тестування та дрібносерійного виробництва, забезпечуючи стабільну продуктивність і повторюваність виробів.

*Фотополімерна смола.* Її головною перевагою є універсальність. Під впливом ультрафіолетового світла або лазера фотополімери, спочатку знаходяться в рідкому стані, тверднуть і можуть набувати зовсім різні механічні властивості і характеристики. Вироби з фотополімерної смоли виходять гладкі і деталізовані з унікальними фізичними і механічними властивостями.

*Металеві сплави.*З металевих порошків виготовляють функціональні деталі і технічні прототипи, штампи, пресові вставки, елементи прес-форм для лиття та інші вироби. Надруковані моделі з даного матеріалу знаходять застосування в харчовій промисловості, машинобудуванні, електроніці, медицині тощо. Із металевих порошків можна зробити найдрібніші деталі складних форм і фактур, а також 3D-друк металами [28] дозволяє скоротити цикл виготовлення 3D-моделі і зменшити виробничі витрати загалі.

*Віск.* Він ідеально підходить для друку в ювелірній галузі завдяки своїй плавкості (при t від 60°С), проте є дуже крихким. Воскові моделі відрізняються високою точністю і якістю поверхні.

Отже, технології 3D-друку дозволяють перетворити будь-яке цифрове зображення в об’ємний фізичний предмет, який можна відтворювати «в домашніх умовах». Вже з часом ці технології повинні кардинально змінити поведінку середньостатистичного користувача: замість пасивного споживання того, що дає йому масове виробництво предметів, він може створювати необхідні йому предмети самостійно і саме в тому вигляді, в якому вони повністю його задовольняють. Матеріальний світ, який оточує людину, може стати унікальним і авторським.

На сьогодні відома досить велика кількість технологій 3D-друку, але оскільки усі вони істотно розрізняються за такими елементам як принципи, умови застосовуваності, матеріалами, формою і функціональним призначенням виробів, одержуваних з їх допомогою, доречно буде розглянути кожну із технологій окремо.

*1. Екструзійний друк* [14]*.* Найбільш поширена технологія 3D-друку, особливо серед персональних і настільних різновидів. Технологія працює за принципом наплавлення матеріалу шарами. Пластикові або металеві нитки розмотуються з рулону (картриджу) і надходять в друкувальну голівку (екструдер). Екструдер розігріває нитки до рідкого стану і видавлює матеріал через сопло, переміщаючись в горизонтальному і вертикальному напрямках, формуючи шар за шаром. Така технологія пошарового наплавлення отримала скорочену назву FDM та має такі переваги: швидкість і простота виготовлення моделей; доступність; безпека, екологічна чистота і нетоксичність більшості матеріалів; точність побудови.

*2. Порошковий друк* [3].Даний друк відносять до одного із методів адитивного виробництва, що базується на вибірковому спіканні порошкових матеріалів в модель, яке відбувається в тонкому порошковому шарі матеріалу з опущеною платформою, в наслідок чого здійснюється нанесення нового шару порошку. Процес повторюється до отримання цілісної моделі..

3. *Полімеризація* [3] або метод цифрової проекції(DLP) використовує рідкі фотополімерні смоли, що тверднуть під впливом ультрафіолетового світла, випромінюваного цифровими проекторами в робочій камері із захисним покриттям. Після тверднення матеріалу робоча платформа занурюється на глибину, рівну товщині одного шару, і рідкий полімер знову опромінюється. Процедура повторюється до завершення спорудження моделі. Прикладом системи швидкого прототипування з використанням цифрових світлодіодних проекторів служить EnvisionTECPerfactory.

4. *Дротяний* [3] або EBF3*.*В процесі друку використовуються електронні пучки високої потужності для поетапного наплавлення матеріалів. В результаті виходить металевий дріт. Завдяки особливостям електронно-променевої плавки процес друку зручний навіть в «космічних» умовах.

Сутьметоду EBF3 – це створення «майже готових форм». Всі об’єкти створюються за вкрай точними тривимірними цифровими моделями, тому доробка готового виробу абсолютно не потрібна. Модель будь-якого предмета приводиться відразу в завершеному форматі в повністю придатному стані для подальшого використання.

5. *Ламінування* [3].Технологія ламінування досить проста, тому що використовується такий матеріал, як плівка з полімеру. Вона надходить із рулону і проходить через прокатний валик, який допомагає підтримувати необхідні температуру і тиск. Далі плівка розрізається механічним або лазерним різаком на окремі шари, а весь матеріал видаляється вручну. Потім готові шари склеюються, формуючи тривимірний об’єкт. Найголовніша перевага такого друку полягає в тому, що в процесі роботи використовується недорогий матеріал. Він відрізняється високою міцністю і стійкістю до механічного впливу.

6. *Струменений* [3]*.*Струменеві принтери (наприклад, ObjetPolyJet) розпилюють тонкі шари (16-30 мкм) фотополімеру на робочу платформу до отримання цілісної моделі. Кожен шар опромінюється ультрафіолетовим пучком до затвердіння. В результаті виходить модель, готова до використання. Гелеподібний матеріал, який використовується для підтримки компонентів геометрично-складних моделей, видаляється після виготовлення моделі вручну промиванням. Технологія допускає використання еластомерів.

При використанні вище перерахованих технологій під час друку 3D-моделей можуть з’явитися різні дефекти 3D-друку (див. Додаток А), які впливають на якість 3D-моделі.

**Висновки до Розділу І**

Нами розглянуто поняття про цифрову компетентність в проєктно-технологічній діяльності старшокласників під час вивчення навчального модуля «Комп’ютерне проєктування».

Здійснено добір програмного забезпечення для 3D-моделювання (3Ds Max, Blender) з подальшим визначенням основних функцій та їхніх властивостей в оздобленні та реалізації 3D-моделі.

Розглянуто основні технології 3D-друку (екструзійний, порошковий, полімеризація, дротяний тощо) та матеріалами (PLA-пластик, ABS-пластик, PETG/PET/PETT-пластик, PC-пластик, поліамід, фотополімерну смолу, металеві сплави, віск), які підходять для кожної із перерахованої технології, систематизовані види дефектів 3D-друку (деформація (відклеювання першого шару), зсув першого шару, інші проблеми з першим шаром, відсутність шарів, тріщини у високих об’єктах тощо).

**РОЗДІЛ ІI. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ В ПРОЄКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ**

**2.1. Використання 3D-моделювання та 3D-друку у старшій школі**

Загалом, викладення навчальних матеріалів для старшокласників стосовно 3D-друку можна здійснювати у двох навчальних модулях: методику викладення 3D-моделювання можна розглядати у навчальному модулі «Комп’ютерне проєктування», а під час вивчення модуля «Основи автоматики і робототехніки» − використовувати 3D-принтер як засіб реалізації учнівського проєкту, під час якого вони зможуть більш детальніше розглянути види та технології 3D-друку, що можна буде використовувати саме для їхнього проєкту (3D-моделі).

Враховуючи це, *методика алгоритму проєктної діяльності учнів модуля «Комп’ютерне проєктування»* полягає в наступній послідовності дій [30]:

1. Визначення теми, мети та завдань проєкту (наприклад, органайзера). Згідно навчальної програми модуль «Комп’ютерне проектування» включає в себе такі проєкти: пристосування для ручної обробки конструкційних матеріалів; органайзери; пристосування для рукоділля; вази. іграшки тощо.

Пошук інформації, актуальної для проєкту можна здійснити за допомогою використання засобів ІКТ [10], тоді й тут на допомогу прийдуть знання цифрової компетентності.

2. Аналіз об’єкта проєктування. Здійснюється пошук за допомогою Інтернету, який можна використати для пошуку моделів-аналогів (в нашому випадку різні види та форми органайзерів), інформаційних карток тощо.

3. Конструювання. Під час даного етапу учні повинні наперед знати який саме 3D-принтер вони будуть використовувати для створення їхнього проєкту. Залежно від цього будуть обиратися вище перераховані методи, технології 3D-друку та відповідні їм матеріали. Крім того, важливо зрозуміти, з якого матеріалу друкуватиметься виріб.

Серед матеріалів для 3D-друку, нами було вирішено обрати PLA-пластик (поліактид) який є біорозкладним пластиком для 3D-друку, за метод − пошарове наплавлення. Він є безпечним та екологічним матеріалом, оскільки основу матеріалу складають натуральні біоінгредієнти. Крім того, він не потребує нагрітої платформи, а завдяки низькій температурі розм’якшення нитки − ще й здійснюється економія енерговитрат [17].

4. Добір системи автоматичного проєктування. Під час цього етапу учні разом з вчителем підбирають методи та засоби для 3D-моделювання згідно навчальної програми та матеріально-технічного забезпечення школи, враховуючи особливості та призначення проекту. Для виконання нашого проєкту було обрано графічний редактор Autodesk 3Ds Max [29], який виступає як засіб для 3D-моделювання.

5. Виконання креслеників. За допомогою обраного 3D-засобу (редактора), учні здійснюють поетапне креслення проєкту.

6. Виконання спрощених 3D-моделей деталей та виробу. Коли учні вже обрали графічний редактор, та обрали метод проектування (серед 5), вони починають здійснювати 3D-моделювання, враховуючи правила безпеки під час користування комп’ютерами в класі. Алгоритм створення 3D-моделі за допомогою графічного редактора Autodesk 3Ds Max подано нижче.

7. Презентація проєкту. Після всіх зроблених алгоритмів, учні розроблять портфоліо, створюють рекламу проєкту та презентацію.

8. Коли вчитель оцінив всіх учнів, можна обрати найкращі проєкти для їхньої подальшої реалізації на ринку праці, перетворивши їх у прототипи. Для цього потрібно довести розробку 3D-моделі до кінця, що передбачає

наступні дії: 1) після моделювання або створення геометрії моделі, здійснюється текстурування об’єкту [21], яке полягає у виборі матеріалів для створення текстур. Для більшої реалістичності зображення набір текстур можна знайти у тому ж редакторі, в якому була зроблена модель, або як додаткову програму можна використати, наприклад Corona Render; 2) 3D-візуалізація або рендерінг. Це − завершальний етап 3D-моделювання. Учні здійснюють деталізацію налаштувань відображень проєкту: додають графічні спецефекти та здійснюють деталізацію налаштування візуалізації; 3) постпродакшн [6] − учні займаються обробкою власно-створених зображень за допомогою медіа-редакторів − Adobe Photoshop, Imovie, Adobe Illustrator, Samplitude, SoundForge тощо, накладаючи оригінальні візуальні ефекти.

Реалізація (друк) 3D-моделі на наступномі етапі проєктно-технологічної діяльності вимагає підбору відповідного ПЗ. Серед такого, було розглянуто [4]: програми для редагування і ремонту моделей для друку у форматі STL; програми для друку, які відповідають за передачу G-коду на принтер.

Після того як ми створили 3D-модель (органайзер), нам необхідно підібрати правильний формат для файлу нашої моделі. Так як кожна 3D-модель має унікальну геометрію і кодування цієї геометрії є основою будь-якого формату файлу, було обрано саме STL (stereolithography) [25] формат, адже він є поширеною та зручною мовою для 3D-принтера. STL − належить до апроксимуючого типу кодування геометрії 3D-моделі, в результаті чого поверхня 3D-моделі покривається сіткою невеликих полігонів. Найчастіше використовуються трикутники. У файлі зберігаються вершини і вектори-нормалі до сторін трикутників. Завдяки цьому можна досить точно відобразити геометрію поверхні 3D-моделі.

Коли модель вже представлена у форматі STL, обираємо програму за допомогою якої можна зробити редагування і ремонт моделі для друку. За таку обиралась програма Cura 3D [1] (рис. 2.1). Остання, крім того, може передавати G-код на принтер, тобто друкувати. Власне, це і зумовило наш вибір.

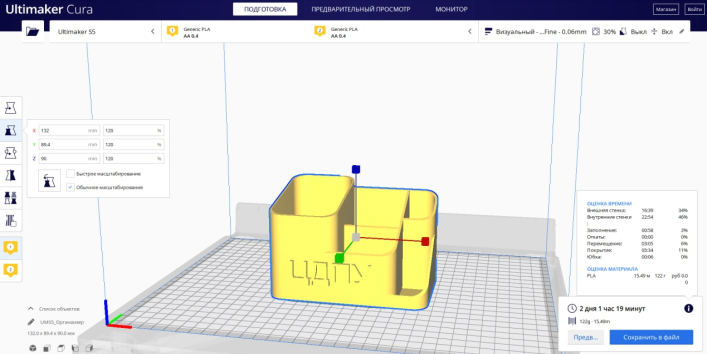


Рис. 2.1. Скріншот зображення редагування і ремонту моделі (органайзеру) для друку в форматі STL за допомогою «Cura»

Крім того, дана програма дає змогу зафіксувати результати попередньої оцінки часу, назву файлу, загальну кількість витратного матеріалу, який буде необхідно використати для друку 3D-моделі. Cura 3D також може бути використана в якості імітатора 3D-друку (рис. 2.2), за допомогою якого можливо наочно спостерігати за покроковим створенням 3D-моделі, а також за тим як екструдер (друкуюча головка) 3D-принтера створює об’єкт пошарово, видавлюючи розм’якшений матеріал через сопло.

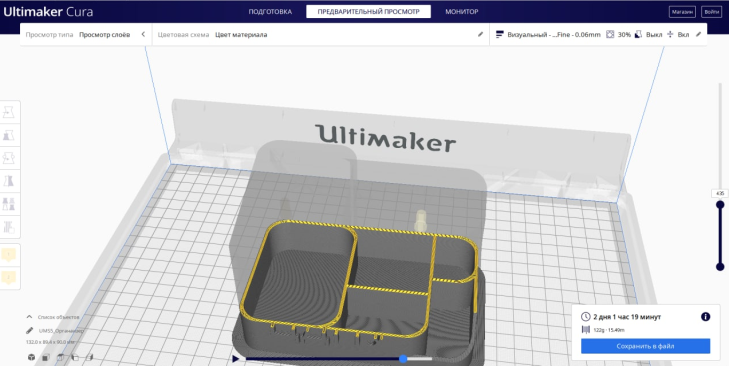


Рис. 2.2. Показ можливостей програми «Cura» як імітатора 3D-друку

Отже, при правильному дотриманні вище наведеного алгоритму під час проєктно-технологічної діяльності можна створити оригінальну 3D-модель з подальшим 3D-друком.

**2.2.** **Алгоритми роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max для побудови тривимірної моделі з подальшим 3D-друком**

Для побудови 3D-моделі, яка використовуватиметься у подальшому друкуванні на 3D-принтері, нам необхідно інсталювати Autodesk 3Ds Max 2019 редактор. Редактор є ліцензійною програмою, але для студентів при проходженні реєстрації навчального закладу графічний редактор надається у безкоштовне користування строком на три роки. На його основі будемо розглядати процес створення 3D-моделі «органайзеру». Також для даної 3D-моделі було створено інструкційну картку (див. Додаток Б).

Отже, розглянемо покроковий алгоритм створення 3D-моделі об’єкта «органайзер» за допомогою стандартних параметричних об’єктів (примітивів) поетапно.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні дії:

1. Відкривши програму 3Ds Max 2019, створити стандартний примітив для одного із елементів майбутнього органайзеру: заходимо у вкладку «Create», обираємо «Geometry», серед типу об’єктів «Object Type» беремо стандартний примітив «Box» куб, у вікні «Perspective» будуємо його та починаємо налаштовувати параметри нашого кубу. У вкладці «Modify» задаємо розміри, ставимо «Length» = 48 мм, «Width» = 68 мм, «Height» = 61 мм (рис. 2.3).

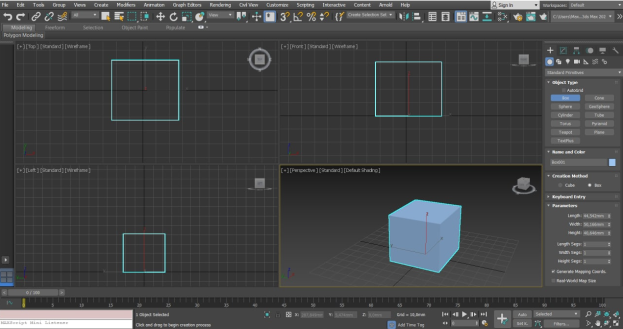


Рис. 2.3. Скріншот початкового етапу проєктування органайзеру та налаштування параметрів кубу (створення примітиву) в 3Ds Max

1. Далі надаємо «заглиблення» для даного елементу органайзеру: У вікні «Modifier List» беремо модифікатор (полігональне моделювання) «Edit Poly», та у його вкладці «Selection» обираємо «Polygon» для зміни полігонів, після цього виділяємо потрібний полігон на нашому кубі та видаляємо його за допомогою кнопки «Del» (рис. 2.4).

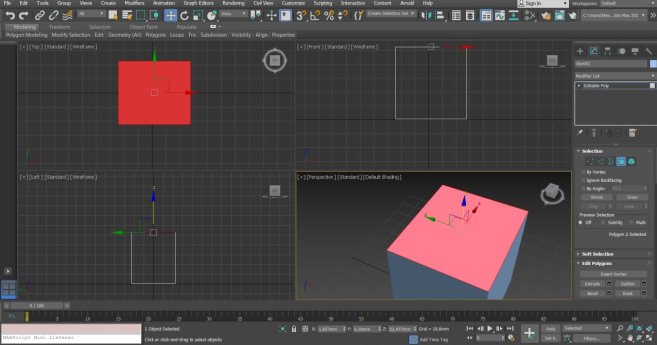


Рис. 2.4. Демонстрація в програмі 3ds Max 2019 надання «заглиблення» для кубу

1. Утворення товщини кубу: У вікні «Modifier List» обираємо модифікатор (Товщина) «Shell», та задаючи такий параметр як (товщина всередині) виставляємо «Inner Amount» = 5 мм (рис. 2.5).

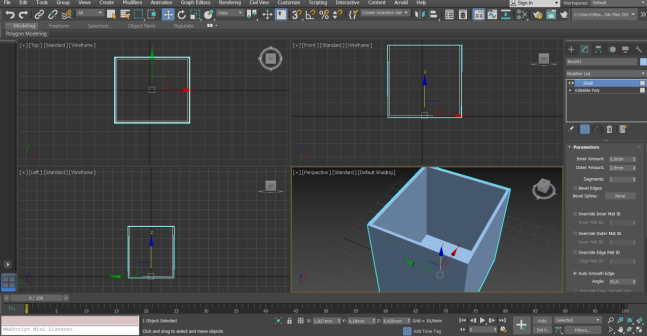


Рис. 2.5. Скріншот демонстрації надання товщини об’єкту

1. Надання нашому кубу заокруглених кутів: у вікні «Modifier List» беремо модифікатор (полігональне моделювання) «Edit Poly», та у його вкладці «Selection» обираємо «Edge» для зміни кутів, виділяємо усі кути, тримаючи кнопку «Ctrl» та у вкладці «Edit Edges» обираємо «Chamfer» для зміни фасок (рис. 2.6).

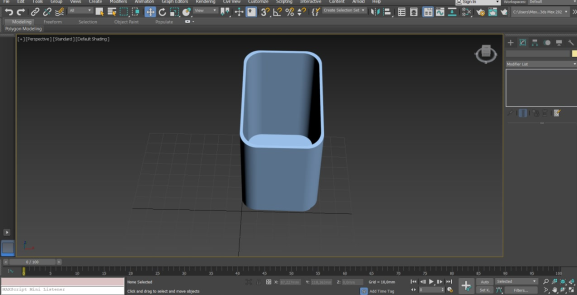


Рис. 2.6. Скріншот демонстрації надання заокруглених кутів об’єкту

1. Надавати нашому об’єкту потрібної форми: обираючи у вкладці «Selection» модифікатора (полігональне моделювання) «Edit Poly» саме «Vertex» (вершина), та витягуємо потрібні вершини (рис. 2.7).

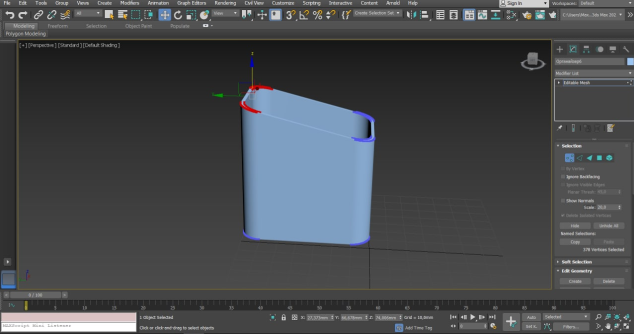


Рис. 2.7. Скріншот демонстрації надання потрібної форми об’єкту за допомогою модифікатора «Edit Poly» полігональне моделювання

1. За таким самим алгоритмом як до об’єкту «1», утворюємо й інші три елементи нашого органайзеру, надаючи їм трохи інакшої форми: для об’єкту «2» виставляємо такі параметри як: «Length» = 22 мм, «Width» = 33 мм, «Height» = 64 мм (рис. 2.8).

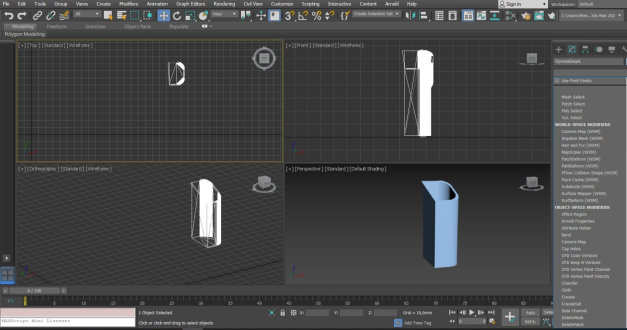


Рис. 2.8. Демонстрація в програмі 3ds Max 2019 утворення об’єкту «2»

1. Для об’єкту «3» виставляємо такі параметри як: «Length» = 39 мм, «Width» = 44 мм, «Height» = 53 мм (рис. 2.9).

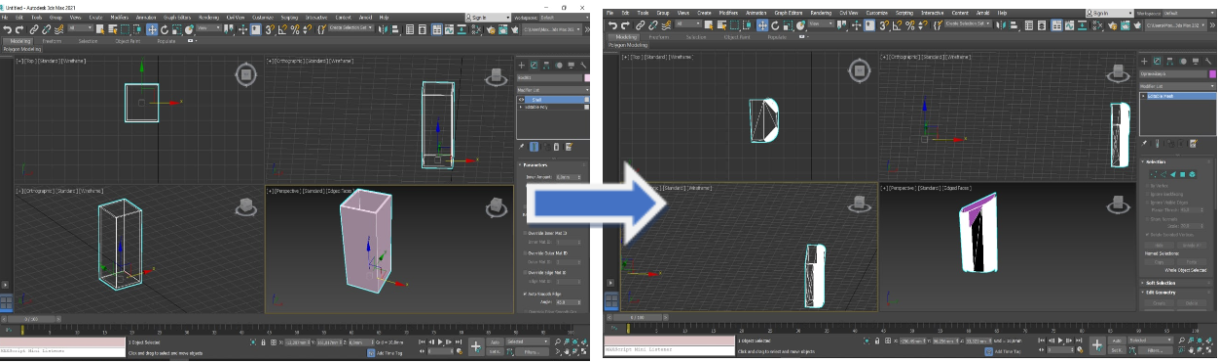


Рис. 2.9. Демонстрація в програмі 3ds Max 2019 утворення об’єкту «3»

1. Для об’єкту «4» виставляємо такі параметри як: «Length» = 39 мм, «Width» = 44 мм, «Height» = 53 мм (рис. 2.10).

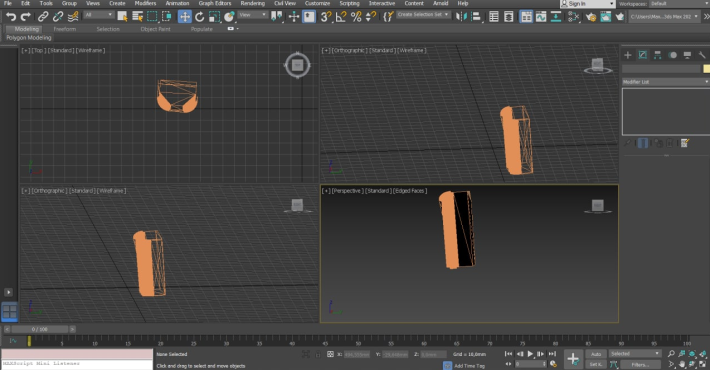


Рис. 2.10. Демонстрація в програмі 3ds Max 2019 утворення об’єкту «3»

1. Утворюємо основу для нашого органайзеру: у вкладці «Create», обираємо «Geometry», серед типу об’єктів «Object Type» беремо «Box», у вікні «Perspective» будуємо куб, та у вкладці «Modify», задаємо розміри, ставимо «Length» = 148 мм, «Width» = 189 мм, «Height» = 20 мм (рис. 2.11).

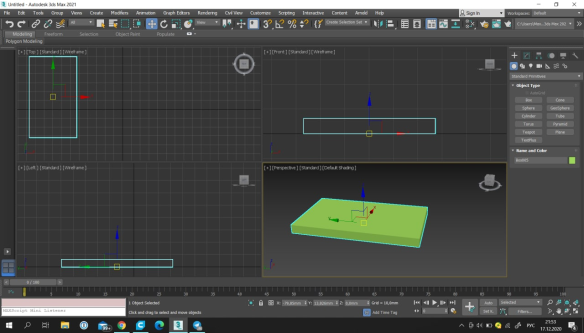


Рис. 2.11. Скріншот демонстрації утворення основи для органайзеру

1. Групуємо усі об’єкти: виставляємо створені об’єкти на основу, переміщаючи елементи по осі XYZ (рис. 2.12).

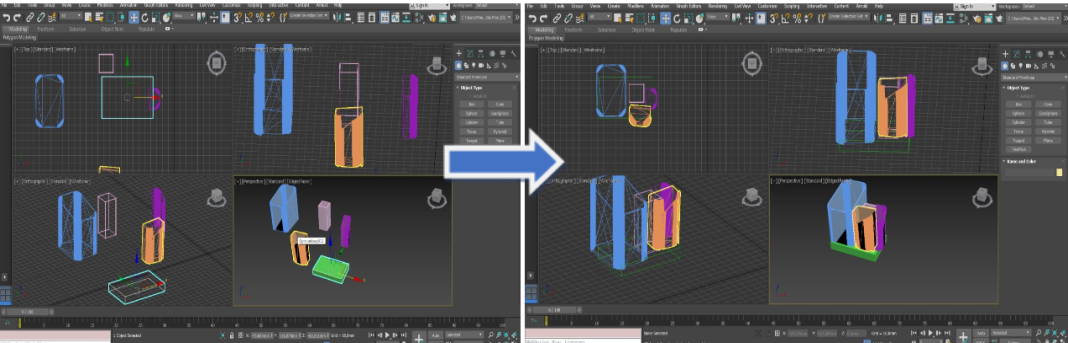


Рис. 2.12. Скріншот демонстрації групування усіх об’єктів

1. Об’єднуємо усі елементи в одне ціле, створюючи суцільний об’єкт: заходимо у вкладку «Create», потім обираємо «Geometry», замінюємо «Standart Primitives» на «Compound Objects» та серед типу об’єктів «Object Type» беремо «Booleаn» (булева операція), виділяємо усі об’єкти та натискаємо «ОК» (рис. 2.13).

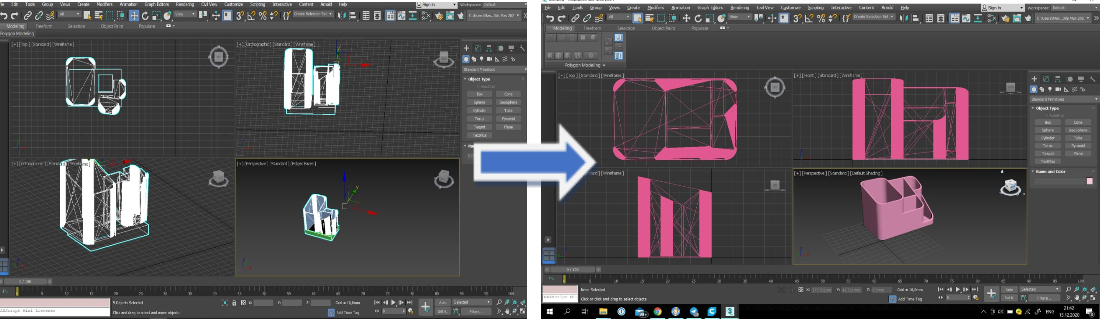


Рис. 2.13. Скріншот демонстрації створення суцільного об’єкту за допомогою «Booleаn» (булева операція)

1. Додаємо текст «ЦДПУ» на передню стінку органайзеру: натискаємо «Spines» «Text» та додаємо текст (рис. 2.14).

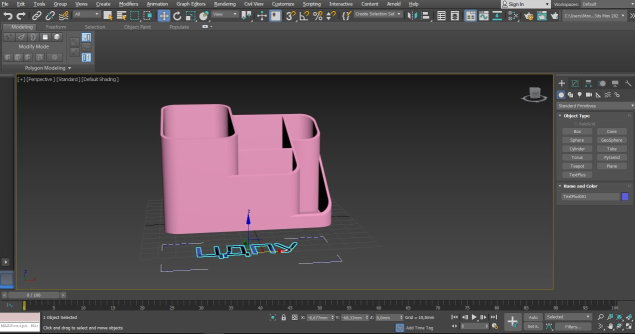


Рис. 2.14. Етап проєктування з додавання тексту «ЦДПУ» на обраний об’єкт

1. Також додаємо текст «ТМТПОБЖ» на задню стінку органайзеру: натискаємо «Spines» «Text» та додаємо текст (рис. 2.15).

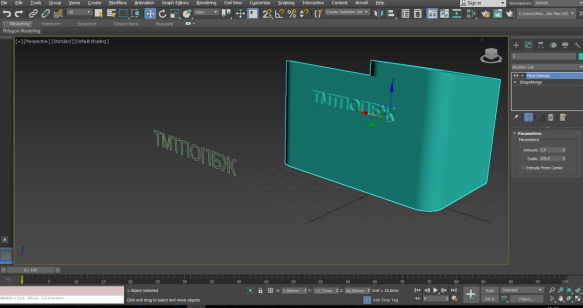


Рис. 2.15. Етап проєктування з додавання тексту «ТМТПОБЖ» на обраний об’єкт

1. Надаємо нашому об’єкту завершеного вигляду завдяки накладанню текстур (рис. 2.16).

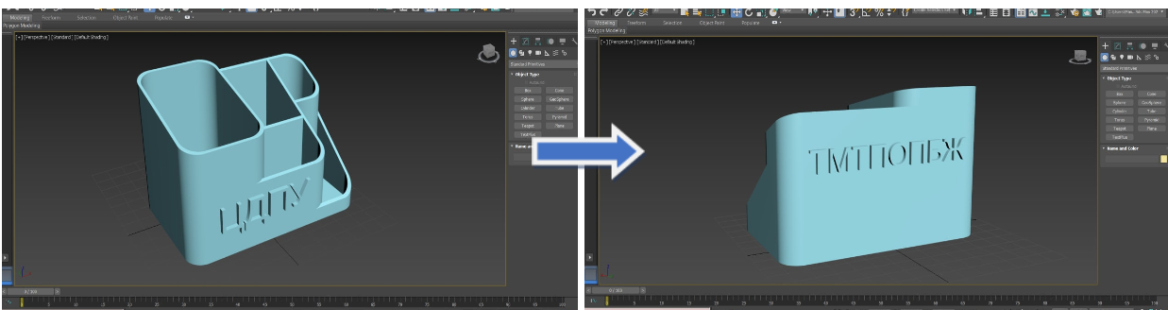


Рис. 2.16. Кінцевий вигляд спроєктованої 3D-моделі органайзеру

Отже, наведена вище поетапна послідовність дій створення тривимірної моделі органайзеру за допомогою 3D-друку може знайти використання в проєктно-технологічній діяльності учнів старшої школи на уроках «Технологія» з подальшою реалізацією як реальний виріб на ринку праці.

**Висновки до Розділу ІІ**

У другому розділівисвітлено питання щодо використання 3D-моделювання та 3D-друку у старшій школі

На основі досліджень було розроблено алгоритми побудови 3D-моделей за допомогою графічних редакторів Autodesk 3Ds Max та Blender від початку та до кінця їхньої розробки, включаючи 3D-друк.

Розглянуто особливості роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max та редактором Cura 3D на прикладі об’єкту «органайзер».

**ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

В розглянутій роботі, згідно завдань, було розглянуто поняття про цифрову компетентність в проєктно-технологічній діяльності старшокласників під час вивчення навчального модуля «Комп’ютерного проєктування».

Здійснено добір програмного забезпечення для 3D-моделювання (3Ds Max, Blender) з подальшим визначенням основних функцій та їхніх властивостей в оздобленні та реалізації 3D-моделі, з подальшим визначенням основних функцій та їхніх властивостей в оздобленні та реалізації 3D-моделі.

Представлено поетапне ознайомлення із програмним забезпеченням для редагування та ремонту моделей для друку у форматі STL і програми для друку з передачею G-коду на 3D-принтер.

Висвітлені основні технології (екструзійний, порошковий, полімеризація, дротяний тощо) та матеріали (PLA-пластик, ABS-пластик, PETG/PET/PETT-пластик, PC-пластик, поліамід, фотополімерну смолу, металеві сплави, віск) 3D-друку.

Розкрито методичні питання реалізації проєкту «Моделювання спрощених моделей деталей для 3D-друку» шляхом впровадження в освітній процес навчального модулю «Комп’ютерне проєктування». При цьому проаналізована навчальна програма з Технологій (рівень стандарту) на предмет доцільності вибору об’єктів проєктування, технології та матеріалу для 3D-друку, визначено структуру, кількість годин та особливості.

Запропоновано алгоритм побудови 3D-моделі за допомогою за допомогою примітивів, від початку до кінця їхньої розробки з виходом на 3D-друк з урахуванням особливостей роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max на прикладі об’єкту «органайзер».

# **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Аббасов И. Б. Основы трехмерного моделирования в графической системе 3Ds Мах. Москва: ДМК Пресс, 2017. 186 с.
2. Аверин, В. Н. Компьютерная графика: Учебник. Николаев: Академия, 2018. С. 239-240.
3. Акбутин Э. А., Доромейчук Т. Н. 3D-принтер: история создания машины будущого. Юный ученый, 2015. №1. С. 97-98.
4. Андрощук Г. О., Копил Я. В. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання. Інтелектуальна власність в Україні. 2016. С. 17-26.
5. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку. Наука, технології, інновації, 2017. С. 68-77.
6. Веселовська Г. В., Ходакова В. Є. Комп’ютерна графіка: методи та алгоритми. Київ: Кондор, 2015. С. 583-584. (и в 32 по старому)
7. Види 3д-моделювання: полігональне, сплайнове, nurbs моделювання. URL: https://koloro.ua/ua/blog/3d-tekhnologii/vidy-3d-modelirovaniya-poligonalnoe-splajnovoe-i-nurbs-modelirovanie.html (дата звернення: 17.10.2020).
8. Все о программе 3Ds Max и 50 полезных советов и хитростей по работе в ней для начинающих. URL: https://junior3d.ru/article/3Ds-Max.html (дата звернення: 19.11. 2020).
9. Гуревич Р. Сучасна парадигма технологічної освіти в школі. Трудова підготовка в рідній школі, 2015. С. 234-264.
10. Гуревич Р. С. Нові інформаційні технології в підготовці сучасного фахівця. *Кримські педагогічні читання:* матеріали Міжнародної наукової конференції. Харків: НТУ”ХПІ”, 2001. С. 149-153.
11. Гур’янова О. В. Формування творчої уяви та художніх здібностей у майбутніх вчителів технологій. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти, 2016. Вип. 10, ч. 2. С. 112-115.
12. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/> show/2145-19#Text (дата звернення: 20.11.2020).
13. Кадемія М. Ю., Шахіна І. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології в навчальному процесі: Навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Планер», 2011. 220 с.
14. Мастенко І. В., Стельмах Н. В.Поліпшення механічних властивостей друкованих деталей. XІV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених *Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні*: збірник праць конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 121-124.
15. Мосіюк О. О. Особливості вивчення 3D-моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів інформатики. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. Педагогіка. Соціальна робота, 2018. Вип. 2 (43). С. 182-186.
16. Основні матеріали, що використовуються для 3D-друку. URL: https://3dprinter.ua/osnovni-materiali-shho-vikoristovuyutsya-dlya-3d-druku/ (дата звернення: 19.11.2020).
17. Пластик PLA. Химические и физические характеристики. URL: https://3d4u.com.ua/ru/blog/post/3-plastik-pla-khimicheskie-i-fizicheskie-kharakteristiki (дата звернення: 20.10. 2020).
18. Принцип створення об’ємних моделей. URL: https://3d4u.com.ua/uk/blog/post/77-kak-rabotaet-3d-printer (дата звернення: 19.10. 2020).
19. Пустовіт С. Деякі методичні проблеми впровадження комп’ютерних технологій у  навчальний процес. Біологія і хімія в школі, 2002. 12 с.
20. Рябець М.С., Рябець С.І. Порівняння візуалізацій хвильових поверхонь створених засобами Blender 2.59, 3ds Max 2013 та WebGL і бібліотеки Three.js. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи навчання технологій». Кіровоград, РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. С.57-59.
21. Текстурування об’єкту. URL: http://3dmax7.us/Glava\_05/Index0.htm (дата звернення: 20.10. 2020).
22. Трифонова О. М. Інформаційно-цифрова компетентність: зарубіжний та вітчизняний досвід. Наукові записки ЦДПУ ім. В. Винниченка. Педагогічні науки, 2018. Вип. 173. Ч. ІІ. С. 221-225.
23. Трифонова О. М. Окремі проблеми підготовки майбутніх фахівців комп’ютерних технологій. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті*: зб. матер. VІ Міжнар.наук.-практ. онлайн-інтернет конф., Кропивницький, 19-20 квітня 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 107-109.
24. Туташинський В. І., Кірютченкова В. І. Технології (рівень стандарту) підручник для 10(11) класів закладів загальної середньої освіти. 2018. 216 с.
25. Файли STL: що вони таке і як ними користуватися. URL: https://ukr.4meahc.com/stl-files-what-they-are-99966 (дата звернення: 20.10. 2020).
26. Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: зб. тез доповідей учасників всеукр. наук. практ. семінару (Київ, 12 березня 2019 р.) /за заг. ред., О. В. Овчарук. Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 2019.   
    108 с.
27. Цифрові компетенції як умова формування якості людського капіталу : аналіт. зап. /В. С. Куйбіда, О. М. Петроє, Л. І. Федулова, Г. О. Андрощук. Київ : НАДУ, 2019. 28 с.
28. Чем печатать: материалы для 3D печати. URL: https://top3dshop.ru/blog/materials-for-3dprint.html (дата звернення: 19.11.2020).
29. Тези автора (м/н. конф.).
30. Стаття автора (в збірнику наукових праць студенті……).
31. Стаття автора

Додаток А

Таблиця А.1

*Види дефектів 3D-друку*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ з/п** | **Назва на опис дефекту** | **Причини дефекту** | **Вирішення проблеми** |
| 1. | *Деформація (відклеювання першого шару).*  В основі моделі відбувається згинання першого шару, який не прилипає до платформи. Дана проблема також може спровокувати горизонтальні тріщини у верхніх секціях роздруківки. | Великий вплив через особливості пластика, тому що ABS і PLA душе швидко охолоджуються призводить до відлітання першого шару. | 1. Використовувати плат-форму з підігрівом.  2. Використовувати клей (лак) для більшого зчеплення матеріалів.  3. Замість скляної плат-форми використовувати: клей, або лак.  4. Відкалібрувати плат-форму.  5. Додати платформу або підкладку.  6. Здійснити налаштування температури і вентилятора. |
| 2. | *Зсув першого шару.*  Основа моделі має зміщення. | Основа моделі зміщується через вагу роздруківки, яка тисне на перший шар, коли нижні шари ще не встигли охолонути. | 1. Збалансувати температуру платформи і швидкість вентилятора.  2. Підняти платформу прин-тера.  3. Перевірити висоту сопла. Зробити кути моделі більш плавними. |
| 3. | *Інші проблеми з першим шаром.*  Перший шар має неправильну форму, спостерігається відсутність деяких фрагментів. | Неправильне встановлення рівня платформи.  Чи забруднення платформи надлишком клею. | 1. Перевірити рівень плат-форми.  2. Перевірити висоту сопла (Якщо сопло розташоване занадто високо, то пластик не буде приставати до платформи, якщо занадто низько, тоді сопло буде скребти роздруківку).  3. Очистити платформу.  4. Використовувати клей, щоб збільшити зчеплення моделі з платформою.  5. Використовувати текстуро-вані підкладки для холодних платформ. |
| 4. | *Відсутність шарів.*  Поява прогалин у моделі через те, що деякі шари не знайдені (частково або повністю). У 3D друку ця проблема також відома як недостатнє екструдування. | Принтер не зміг виробити необхід-ну кількість плас-тику для друкува-ння відсутніх шарів.  Також можлива проблема гвинтів (шпильок) по осі Z із самими підшипниками. | 1. Перевірити механізм принтера, щоб переконатися, що рухливі елементи туго закріплені.  2. Перевірити конструкцію принтера і вирівнювання.  3. Перевірити чи немає зношених підшипників і підігнутих шпильок.  4. Використати трохи масла для змащення деталей. |
| 5. | *Тріщини у високих об’єктах.*  Тріщини, які з’являються з різних боків моделі, найчастіше у високих моделях. | На верхніх шарах охолодження матеріалу відбувається швидше, так як тепло від плат-форми не досягає необхідної висо-ти. | 1. Перевірити максимально можливий нагрів екструдера і підвищувати поточну темпера-туру на 10ºC за одну спробу.  2. Перевірити напрямок і швидкість вентиляторів, що охолоджують.  3. Перевірити щоб вентилятори були спрямовані на модель). |
| 6. | *Дірки на верхньому шарі.*  Утворення дір та щілин на верхній поверхні роздруківки. | Серед найбільш поширених причин виділяють такі, як: неправильні охо-лодження та  Товщина верх-нього шару. | 1. Використовувати діаметр нитки більшого діаметру.  2. Переконатися, що напрямок і швидкість вентиляторів правильні.  3. Встановити вручну швидкість вентиляторів.  4. Збільшити товщину верхнього шару. |

Додаток Б

**Інструкційна картка**

*Алгоритм створення 3D-моделі об’єкта «ораганайзер» за допомогою примітивів*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ з/п** | **Технологічна операція та**  **технічні умови виконання** | **Графічне зображення операції** |
| 1 | *Створення стандартного примітиву для органайзеру*  Відкривши програму 3Ds Max 2019, створити стандартний примітив для одного із елементів майбутнього органайзеру: заходимо у вкладку «Create», обираємо «Geometry», серед типу об’єктів «Object Type» беремо стандартний примітив «Box» куб, у вікні «Perspective» будуємо його та починаємо налаштовувати параметри нашого кубу. У вкладці «Modify» задаємо розміри, ставимо «Length» = 48 мм, «Width» = 68 мм, «Height» = 61 мм. |  |
| 2 | *Надання «заглиблення» для даного елементу органайзеру*  У вікні «Modifier List» беремо модифікатор (полігональне моделювання) «Edit Poly», та у його вкладці «Selection» обираємо «Polygon» для зміни полігонів, після цього виділяємо потрібний полігон на нашому кубі та видаляємо його за допомогою кнопки «Del». |  |
| 3 | *Утворення товщини кубу*  У вікні «Modifier List» обираємо модифікатор (Товщина) «Shell», та задаючи такий параметр як (товщина всередині) виставляємо «Inner Amount» = 5 мм. |  |
| 4 | *Надання кубу заокруглених кутів*  У вікні «Modifier List» беремо модифікатор (полігональне моделювання) «Edit Poly», та у його вкладці «Selection» обираємо «Edge» для зміни кутів, виділяємо усі кути, тримаючи кнопку «Ctrl» та у вкладці «Edit Edges» обираємо «Chamfer» для зміни фасок. |  |
| 5 | *Надавати об’єкту потрібної форми*  Обираємо у вкладці «Selection» модифікатора (полігональне моделювання) «Edit Poly» саме «Vertex» (вершина), та витягуємо потрібні вершини. |  |
| 6 | *Утворення об’єкту «2»*  За таким самим алгоритмом як до об’єкту «1», утворюємо й інші три елементи нашого органайзеру, надаючи їм трохи інакшої форми: для об’єкту «2» виставляємо такі параметри як: «Length» = 22 мм, «Width» = 33 мм, «Height» = 64 мм. |  |
| 7 | *Утворення об’єкту «3»*  Для об’єкту «3» виставляємо такі параметри як: «Length» = 39 мм, «Width» = 44 мм, «Height» = 53 мм. |  |
| 8 | *Утворення об’єкту «4»*  Для об’єкту «4» виставляємо такі параметри як: «Length» = 39 мм, «Width» = 44 мм, «Height» = 53 мм. |  |
| 9 | *Утворення основи для органайзеру*  У вкладці «Create», обираємо «Geometry», серед типу об’єктів «Object Type» беремо «Box», у вікні «Perspective» будуємо куб, та у вкладці «Modify», задаємо розміри, ставимо «Length» = 148 мм, «Width» = 189 мм, «Height» = 20 мм. |  |
| 10 | *Групування усіх об’єктів*  Виставляємо створені об’єкти на основу, переміщаючи елементи по осі XYZ. |  |
| 11 | *Об’єднання усіх елементів в одне ціле*  Заходимо у вкладку «Create», потім обираємо «Geometry», замінюємо «Standart Primitives» на «Compound Objects» та серед типу об’єктів «Object Type» беремо «Booleаn» (булева операція), виділяємо усі об’єкти та натискаємо «ОК». |  |
| 12 | *Додавання тексту «ЦДПУ» на передню стінку органайзеру*  Натискаємо «Spines» «Text» та додаємо текст. |  |
| 13 | *Додавання тексту «ТМТПОБЖ» на задню стінку органайзеру*  Натискаємо «Spines» «Text» та додаємо текст |  |
| 14 | *Надання об’єкту завершеного вигляду завдяки накладанню текстур* |  |

**АНОТАЦІЯ**

Сучасним трендом в освітніх технологіях, що відповідає всім вимогам і володіє величезним потенціалом є 3D-технології. 3D-технології в освіті дозволяють урізноманітнити уроки та лекції, робити освітній процес ефективним і візуально-об’ємним. Застосування 3D-контента в класі дає можливість наочно пояснювати учням шкільну програму, сприяє «зануренню» в тему досліджуваного предмета в ході уроку, та дозволяє мобільно переходити від цілої структури до окремих її елементів, від складного до простого і навпаки. Використання сучасних комп’ютерних технологій у навчальному процесі дозволяє будувати самостійне засвоєння навчального матеріалу. Методично-грамотно побудоване заняття з використанням сучасних програмних продуктів, у тому числі віртуального моделювання, дозволяє учням активно працювати впродовж усього відведеного часу. Це можливо лише в тому випадку, коли учень зацікавлений в одержанні й засвоєнні знань, а процес їх пізнання і засвоєння здійснюється за сучасними стандартами

**Мета дослідження** – обґрунтувати вибір оптимального програмного забезпечення та технології для 3D-друку в освітньому процесі на уроках технологій у старшій школі під час проєктування та моделювання шкільного творчого проєкту «органайзер» як тривимірної моделі, а також, використовуючи обрані графічні редактори, змоделювати 3D-моделі. Поставлена мета вимагає реалізації наступних **завдань**: 1) провести аналіз поняття про цифрову компетентність в проєктно-технологічній діяльності старшокласників; 2) дібрати програмне забезпечення для 3D-моделювання; 3) розглянути різновиди матеріалів і технологій 3D-друку та їхні особливості; 4) дослідити використання 3D-моделювання та 3D-друку у старшій школі; 5) розробити алгоритми роботи з графічним редактором Autodesk 3Ds Max для побудови тривимірної моделі з подальшим 3D-друком.

**Методи дослідження:** теоретичні, емпіричні, практичні.

Дана робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до розділів І та ІІ, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. **Обсяг** роботи становить 29 сторінок без урахування додатків та використаних джерел. **Кількість використаних джерел** – 31, **рисунків** – 16, **таблиць** – 3.

**Ключові слова:** 3D-друк, 3D-модель, 3D-принтер, 3D-моделювання, програмне забезпечення, проєкт, Технології, Autodesk 3Ds Max, Cura 3D, Blender