

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Адитивні технології»

для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
спеціалізації «**Технології машинобудування**»
галузі знань «Механічна інженерія»

2022

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Адитивні технології» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. ст. викл. Тришин П.Р. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022 – 35 с.

Укладачі – Тришин П.Р., PhD, ст. викл. каф. ТМБ

Рецензент – Гончар Н.В. канд.техн.наук, доц. каф. ТМБ

Відповідальний за випуск – доц., к.т.н. Дядя С.І.

Затверджено на
засіданні кафедри
«Технології
машинобудування»
Протокол №2 від
21.09.2022р.

Рекомендовано до
видання НМК
машинобудівного
факультету
протокол № 1
від 22.09.2022р.

Вимоги з техніки безпеки

1. У аудиторіях, слід строго виконувати правила внутрішнього розпорядку.
2. Обов'язково знімати верхній одяг.
3. Зайві речі: сумки, парасольки та інше, залишати у відповідному для цього місці.
4. Дотримуватися робочої тиші.
5. При огляді та вивчені конструкції двигунів на макети не спиратись.
6. При використанні місцевого освітлення, напруга не повинна перевищувати 36В, а лампа повинна мати захисну сітку.

Забороняється

1. Залишати своє робоче місце без відома викладача.
2. Вмикати і вимикати (крім аварійних випадків) устаткування і механізми, робота на яких не доручена.
3. Працювати та ремонтувати несправне устаткування.
5. Торкатися до струмопровідних частин, електричних дротів (навіть ізольованих), кабелів, клем, наступати на переносні дроти на підлозі.
6. Відволікатися сторонніми справами і розмовами, ходити по приміщенню, відволікаючи інших.
7. Виконувати розпорядження адміністрації, якщо воно суперечить правилам охорони праці і може призвести до нещасного випадку.

Лабораторна робота №1 **СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ДЛЯ 3D-ДРУКУ.**

1.1 Мета роботи

- 1) Ознайомитись із принципами побудови 3D-моделі пружини за допомогою програмного забезпечення NX
- 2) Ознайомитися з основними параметрами 3D-друку пружин.

1.2 Матеріально-технічне забезпечення

- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення NX.

1.3 Загальні положення і відомості

Набір додатків, що входить до пакету NX CAD, дозволяє вирішувати завдання розробки повного електронного макета всього виробу та його складових частин для подальшого використання у процесах технологічної підготовки виробництва.

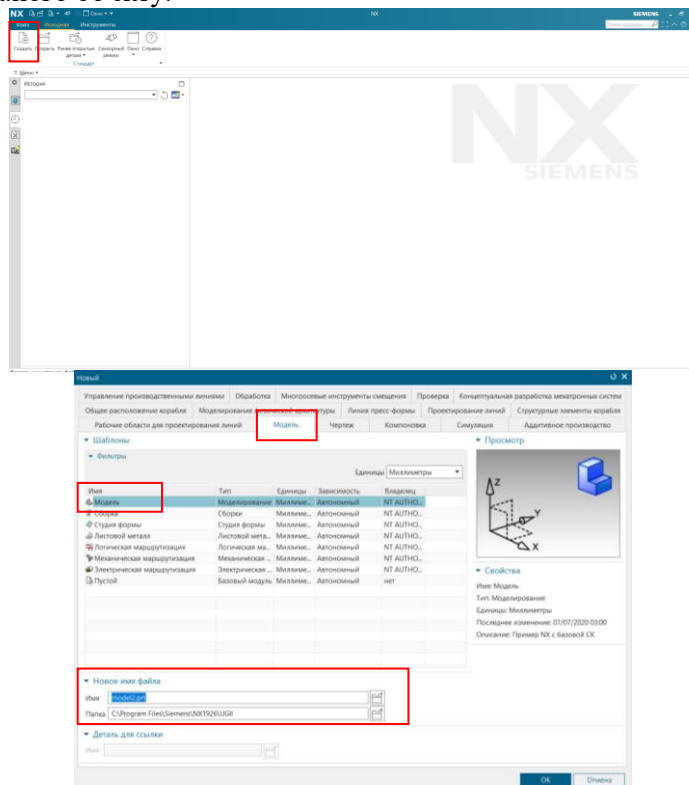
Функціональність додатків дозволяє автоматизувати етапи проектування виробу та випуску конструкторської документації у різних формі подання. Підтримуються технології проектування як «знизу нагору», так і «зверху вниз» з можливістю побудови наскрізних процесів розробки від вимог до виробу до етапу видачі даних для виробництва.

Система NX CAD дозволяє виконати моделювання деталей та складання виробу, провести аналіз перетинів та розрахунок маси, підготувати 2D-документацію – креслення або 3D-документацію з використанням PMI (розміри та анотації наносяться на 3D-модель). За допомогою інструментарію додатків моделювання деталей і складальних одиниць, користувач може створити повний цифровий аналог вузла, що розробляється, або одиничної деталі, що містить точну геометрію, розраховані масово-інерційні характеристики, властивості матеріалів, а також всі вимоги необхідні для виготовлення і контролю.

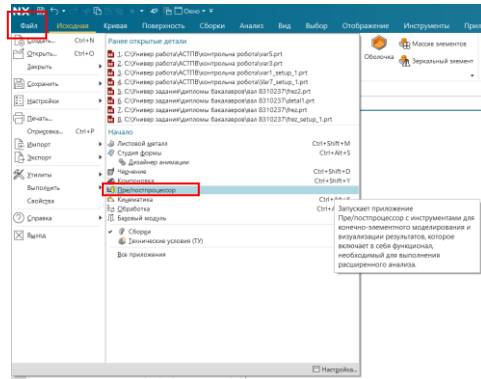
Можливості системи дозволяють моделювати вироби будь-якого ступеня складності та розмірності – від побутової техніки до виробів корабельної та авіакосмічної промисловостей. Електронні моделі, що створюються в додатках NX CAD, використовуються далі в модулях інженерного аналізу та технологічної підготовки виробництва.

1.4 Порядок виконання лабораторної роботи

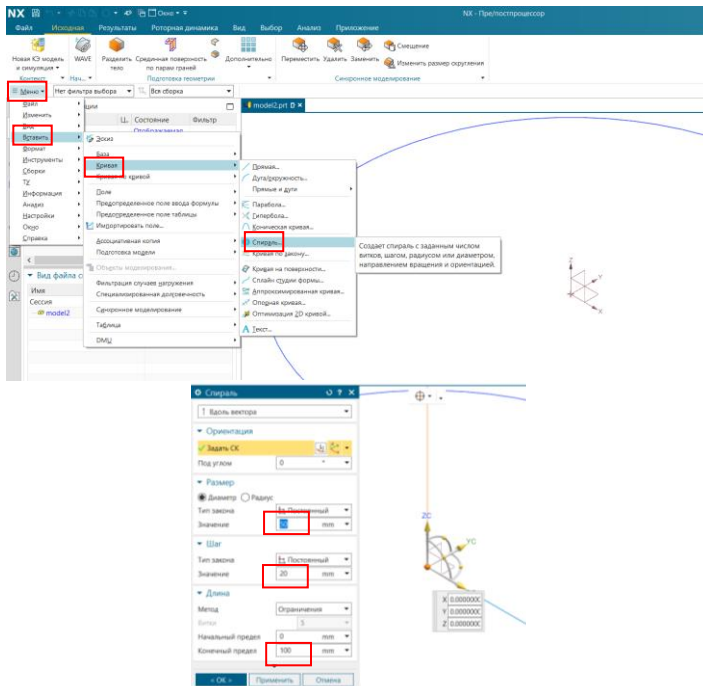
- 1) Відкрийте програму NX
- 2) Виконайте команди меню Файл - Новий на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 1.2), за допомогою якого можна уточнити тип створюваного об'єкту.



- 3) Активуємо вкладку «Модель».
- 4) Задайте – ім'я та папку для збереження і натисніть ОК.
- 5) Виконайте команди меню Файл – постпроцесор

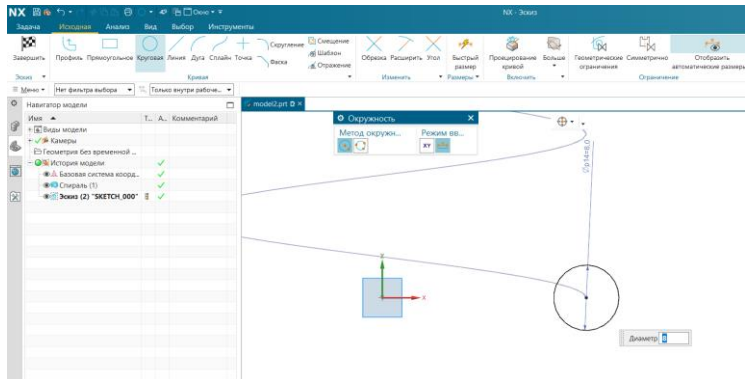


6) Оберіть меню/вставити/кривая/спираль. Створити пружину та задайте параметри пружини довжина 100 мм, діаметр 50мм, крок 20 мм.

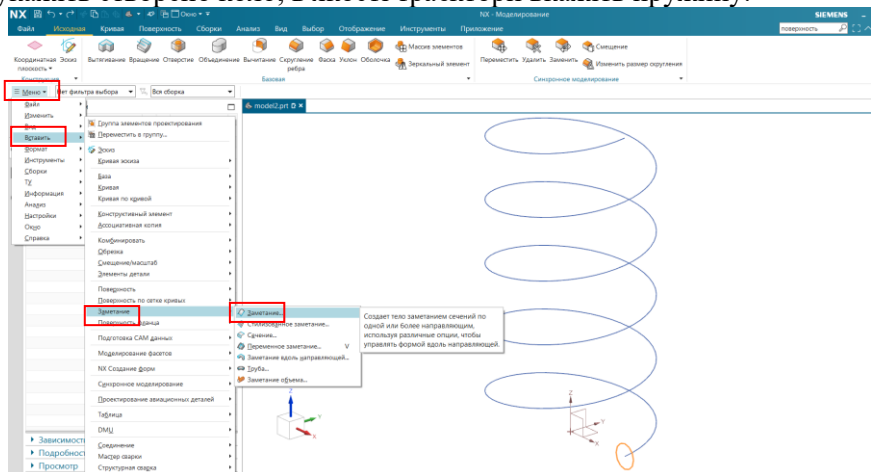


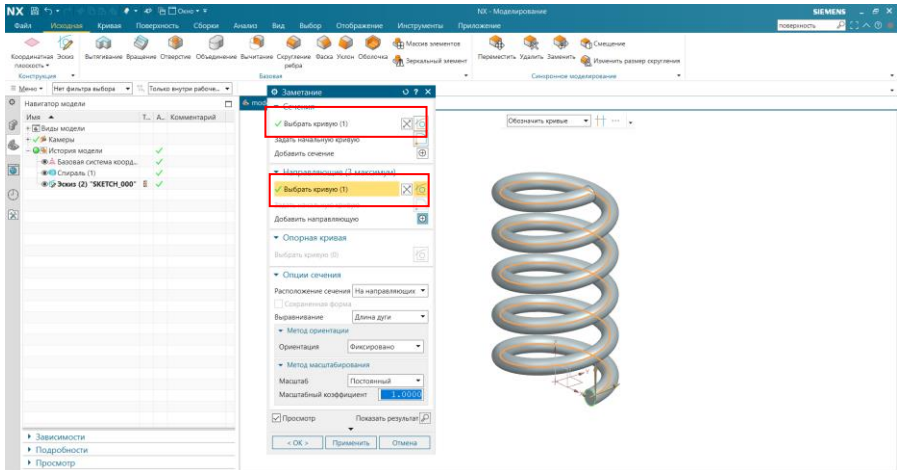
7) Поверніться до попереднього вікна моделювання

10) Створіть коло діаметром 8 мм з центром в точці початку витка пружини $X=25\text{мм}, Y=0\text{мм}$. Та завершіть ескіз.

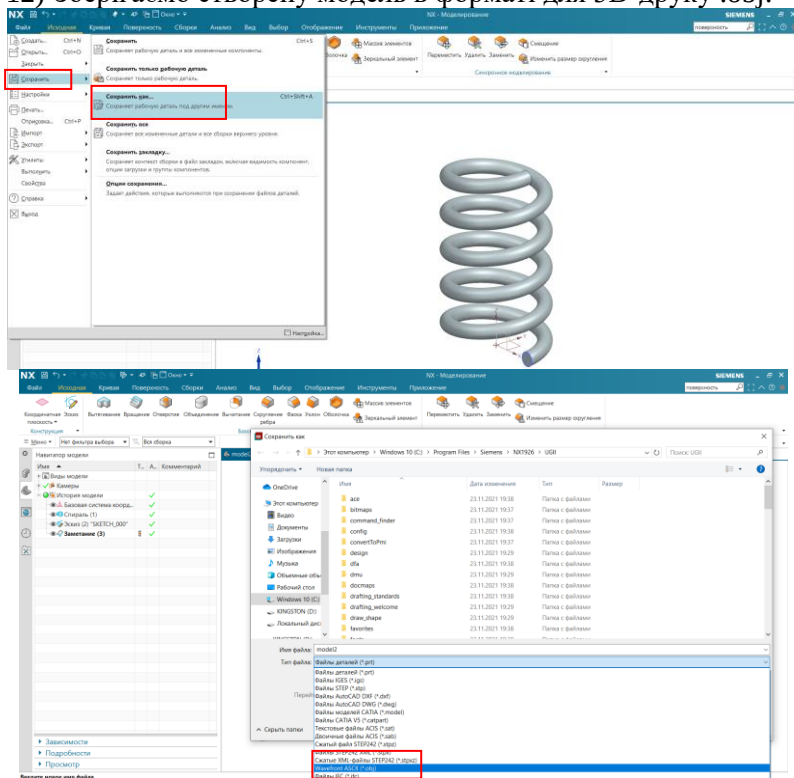


11) Оберіть меню/вставити/затенення/затенення. В якості ескізу укажіть створено коло, в якості траєкторії вкажіть пружину.





12) Зберігаємо створену модель в форматі для 3D-друку .obj.



1.5 Контрольні питання

- 1) Які функції виконує модуль NXCAD.
- 2) З чого починається робота у модулі NXCAD.
- 3) Перелік етапів для створення моделі пружини.
- 4) Як витягнути ескіз за траєкторією.
- 5) Як задати параметри пружини.

Лабораторна робота №2

МОДЕЛЮВАННЯ 3D-МОДЕЛІ В ПРОГРАМІ MESHMIXER.

2.1 Мета роботи

- 1) Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу програми Meshmixer.
- 2) Навчитися редагувати моделі в програмі Meshmixer

2.2 Матеріально-технічне забезпечення

- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення Meshmixer

2.3 Загальні положення і відомості

Meshmixer – один із найпопулярніших CAD-редакторів, що використовуються для створення або редагування тривимірних моделей та їх друку. Програма поширюється безкоштовно і має відкритий вихідний код.

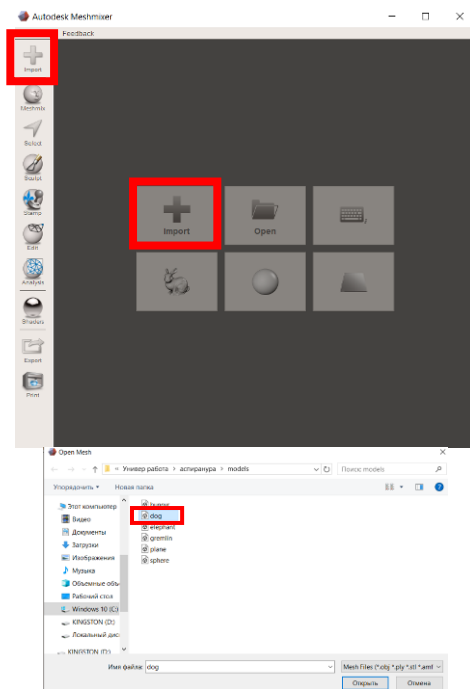
Завдяки доступному інтерфейсу та гарному набору інструментів дана програма підійде як початківцям, так і професійним користувачам (інженерам, інноваційним розробникам, дизайнерам, скульпторам, художникам), які займаються розробкою та друком 3D-моделей. Додаток Meshmixer підтримує кілька форматів mesh-файлів (OBJ, STL, AMF, PLY, OFF, 3MF, MIX), більшість моделей сучасних 3D-принтерів (у програмі є готові налаштування для роботи з ними) і взаємодіє з відомими веб-сервісами тривимірного друку : Sculpteo, Shapeways та ін.

Функціонал CAD-редактора дозволяє налаштовувати робочий простір з урахуванням переваг кожного окремого користувача. Сам процес моделювання реалізований дуже просто: він схожий на ручне ліплення із пластиліну або глини. Meshmixer має в своєму розпорядженні набір різноманітних пензлів для втягування та витягування текстур, інструментами штампування, функцією автоматичного виправлення дефектів у моделях з можливістю виправлення відразу кількох об'єктів та іншими потрібними інструментами. Також у програмі є і функція об'єднання кількох об'єктів в один. Крім того, редактор дозволяє конвертувати файли перед друком і відправляти безпосередньо готові проекти в слайсинг-програми для подальшого їх друку.

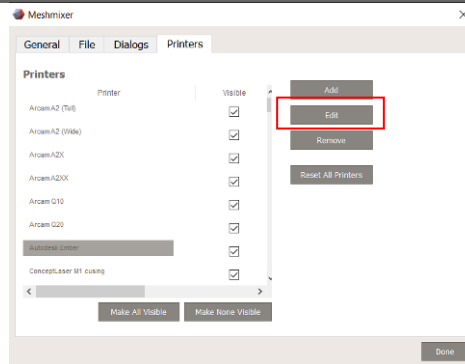
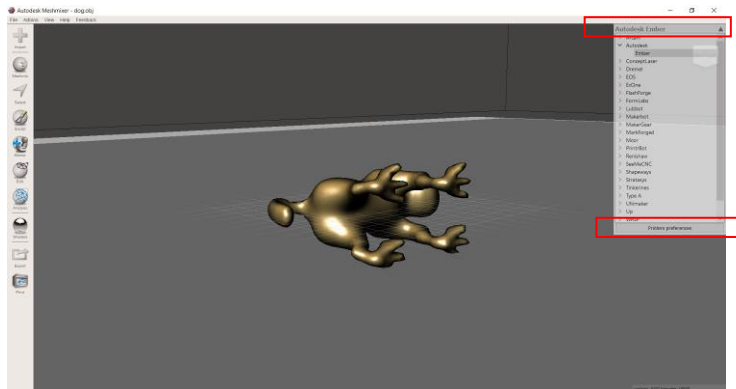
2.4 Порядок виконання лабораторної роботи

1) Відкрийте програму Meshmixer

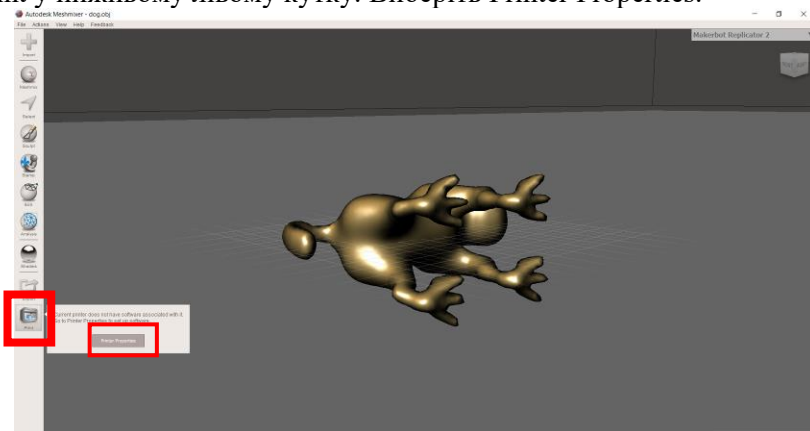
2) Натисніть Import в центрі вікна (або зліва у верхньому куті).
Виберіть файл, який потрібно редагувати. (.../models/dog.obj).
Meshmixer підтримує популярні розширення mesh файлів: .STL, .OBJ, .PLY, .AMF, а також .3MF, .OFF та .MIX. Ви також можете схопити і перемістити файли прямо в поле для редагування. Можна вибрати: замінити поточний об'єкт або додати до моделі.



3) При використанні Meshmixer ви можете вибрати свій принтер зі списку або, якщо його немає у списку, вказати властивості 3D принтера вручну. Вказати тип вашого 3D принтера ви можете в меню у верхньому правому кутку. Якщо вашого 3D принтера немає у списку або ви зібрали власний, можна додати власні налаштування.

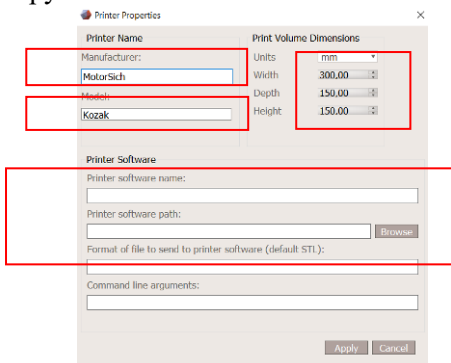


4) Також принтер можна додати наступним чином: виберіть Print у нижньому лівому кутку. Виберіть Printer Properties.



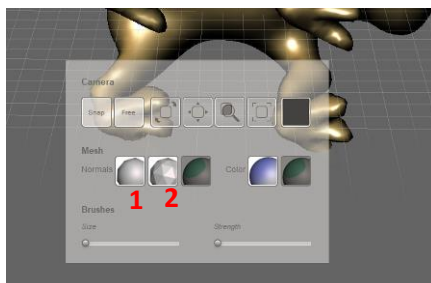
5) Тепер ви можете вказати Model принтеру та вибрати Manufacturer, який відповідає за тип друку (як на малюнку).

6) Встановіть розміри 3D-принтера у розділі Printer Volume Dimensions (як на малюнку). Також можна вказати програмне забезпечення принтеру Printer Software або вказати шлях до нього.



7) Натисніть Apply, щоб додати ваш 3D принтер.

8) Вивчаємо основні рухи. Переміщайтесь в поточній площині, **натиснувши центральну кнопку миші**. Повертайтеся навколо центру координатної системи, **затиснувши праву кнопку миші, ліву кнопку миші + ALT або середню кнопку миші + SHIFT**. Наближайтесь/віддаляйтесь (zoom) за допомогою **коліщатка миші** або **натиснувши праву кнопку миші + ALT**. Якщо ви втратили модель з фокусу, можете перейти до **View>Recenter View**, щоб сфокусуватися на початку координат. Ви також можете отримати доступ до всіх елементів керування камерою, натиснувши **space**. При затиснутій кнопці **space** ви також можете міняти візуальне відображення об'єкта. Meshmixer може згладити (1) поверхню вашого об'єкта або показати всі трикутники (2), з яких складається модель.



9) Зміна та масштабування 3D об'єктів. На панелі ліворуч виберіть пункт Edit і виберіть Transform. Тут можна вказати параметри базового розташування об'єкта або переміщати/обертати його вручну.



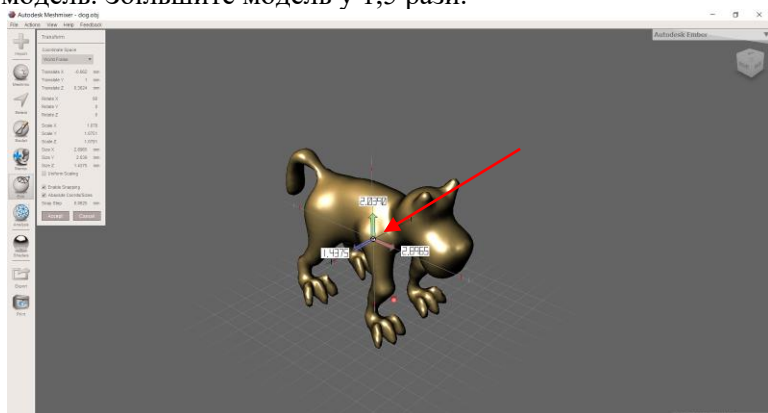
10) Розміщення об'єкта вручну. При розміщенні об'єкта можна перемикатися між двома базовими точками. По-перше, у вас є World Frame (система координат принтера), яка визначена центром координатної системи у вашому робочому просторі. Будь-які зміни чи переміщення відбуватимуться щодо центру. По-друге, ви можете працювати з Local Frame (система координат моделі). У цьому випадку переміщення відбуватимуться щодо центру системи координат, але обертання визначатиметься координатною системою об'єкта, з яким ви працюєте. Ви можете масштабувати вашу модель вздовж осей X, Y та Z. Перемикатися між двома варіантами систем відліку (frames) можна у Transform menu (1) або за допомогою bubbles у Transform колі (2).

11) Розташуйте модель як на малюнку

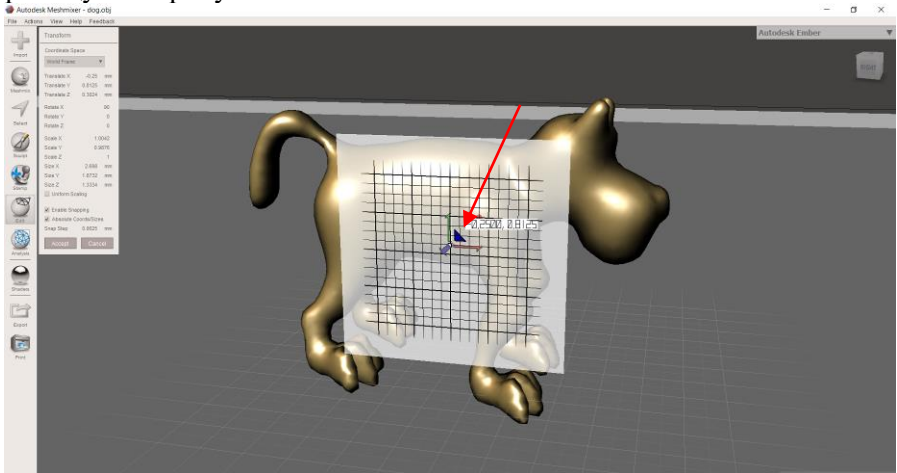


Для переміщення та масштабування обраного об'єкта достатньо зробити кілька кроків:

- Перевірте, чи активний чекбокс Enable Snapping (3) внизу вікна Transform. Ви можете змінити налаштування Snap Step відповідно до необхідної точності розташування об'єктів.
- Сектори кола (6) обертають об'єкт. Поверніть модель на 90°.
- Натисніть і потягніть одну зі стрілок (4), щоб перемістити об'єкт вздовж однієї з осей координат, також можливо вручну задавати переміщення в таблиці (5). Перемістіть модель по Y на 2мм, по Z та X установіть 0мм.
- Натисніть та потягніть за білий куб у центрі, щоб збільшити вашу модель. Збільште модель у 1,5 рази.



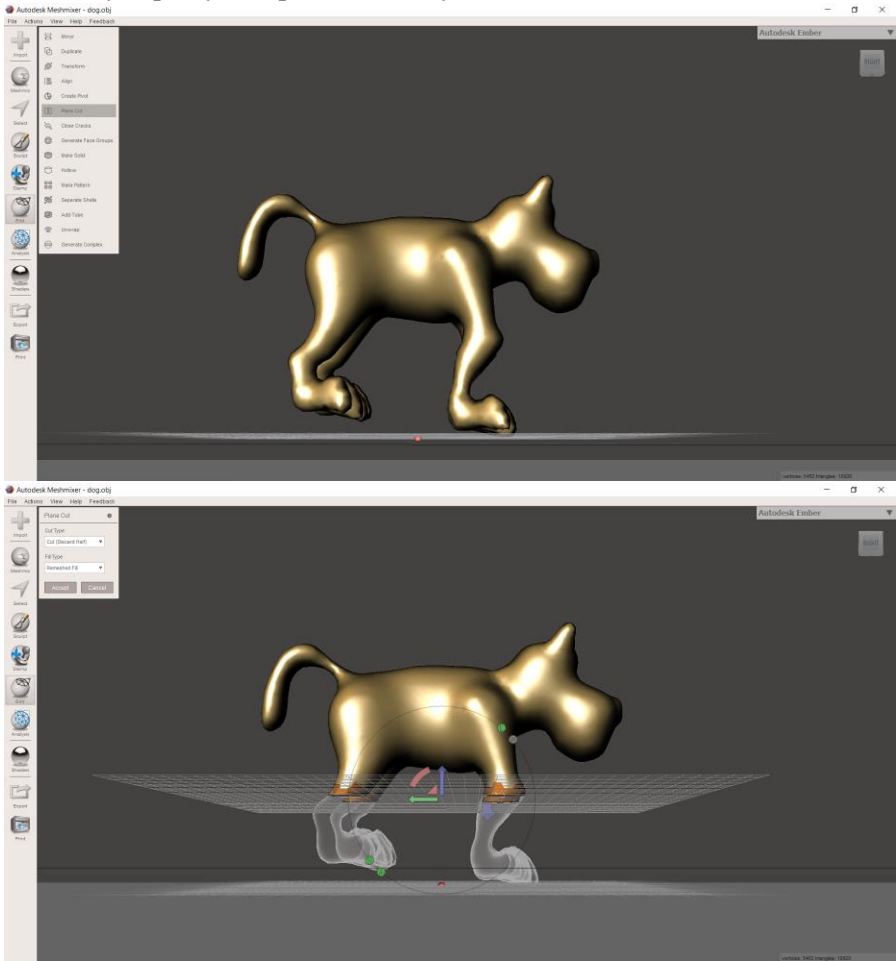
- Щоб розтягнути модель з одного боку, натисніть і потягніть на квадраті в кінці стрілок.
- Зміщуйте вашу модель вздовж площини затиснувши та переміщуючи трикутники.



12) Автоматичне розміщення об'єкта. Використовуючи інструмент Align, ви можете розташувати плоску поверхню об'єкта ідеально рівно на віртуальному столі для друку. Виберіть об'єкт, який ви хочете вирівняти і встановіть Base Point в якості бази. Ви можете дзеркально відобразити ваш об'єкт, натиснувши блакитну стрілку.

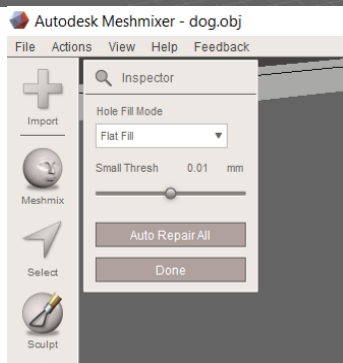
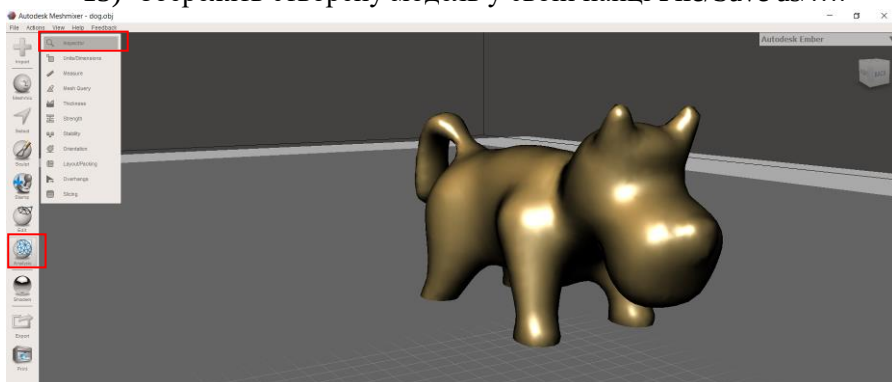


13) Створюємо плоску поверхню. Для створення плоскої поверхні використовуйте команду Plane Cut. Це швидкий інструмент для створення гладкої і стабільної поверхні для друку. Як і у випадку з інструментом transform, ви можете переміщати площину щодо глобальних або локальних координат. Блакитна стрілка вказує напрямок, в якому ви підріжете модель. Для зміни напрямку натисніть блакитну стрілку. Підріжте частину моделі.



14) Автоматичне виправлення 3D моделі. Перед 3D друком варто переконаватися, що в моделі немає небажаних отворів і дефектів. Зробити це просто. Виберіть пункт Analysis> Inspector. Після розрахунків ви побачите різнокольорові сфери в місцях де є отвори і западини. Колір сфери відображає розмір отвору. Блакитний означає незначну похибку, яку легко виправити. Червоний означає велику похибку. Meshmixer може виправити і значні похибки, але після виправлення їх варто перевірити ще раз. Рожевий означає ділянку, який буде видалений на першому етапі виправлення моделі. Для якісного виправлення вам, можливо, доведеться запустити Inspector повторно. Для виправлення кожної помилки окремо ви можете клікати на сфери. Для масового виправлення можна скористатися опцією Auto Repair All.

15) Збережіть створену модель у своїй папці File/Save as/....



2.5 Контрольні питання

- 1) Які функції виконує MeshMixer
- 2) З чого починається робота у MeshMixer
- 3) Перелік етапів для редагування моделі у MeshMixer.
- 4) Розміщення об'єкта вручну у MeshMixer.
- 5) Переміщайтесь у поточній площині у MeshMixer.
- 6) Зміна та масштабування 3D Об'єктів у MeshMixer.
- 7) Налаштування простору для друку у MeshMixer.
 - 8) Імпорт та експорт mesh файлів у MeshMixer.

Лабораторна робота №3

ПІДГОТОВКА 3D-МОДЕЛІ ДО ДРУКУ В ПРОГРАМІ MESHMIXER.

3.1 Мета роботи

- 1) Ознайомитись з налаштуваннями розрізу моделі
- 2) Навчитись аналізувати орієнтацію моделі для друку

3.2 Матеріально-технічне забезпечення

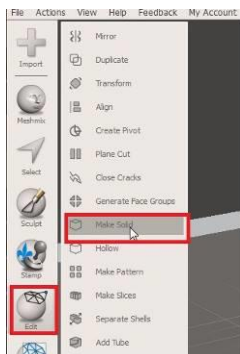
- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення Meshmixer

3.3 Загальні положення і відомості

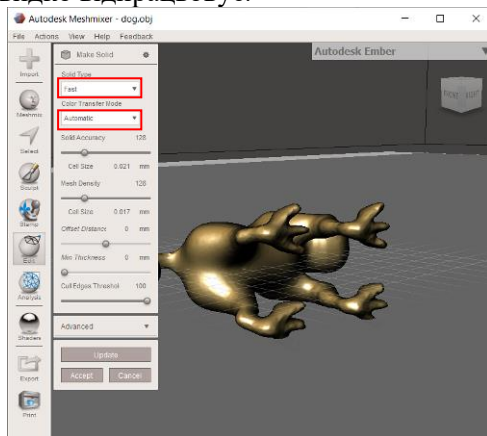
Проектування деталей, які підходять до інших частин, може бути величезним викликом у традиційній САПР. У Meshmixer є набір інструментів, спеціально розроблених для вирішення цієї проблеми. наприклад інструмент Offset, Join, soft transform , align and attract, які спрощують адаптацію наявних дизайнів до чогось іншого.

3.4 Порядок виконання лабораторної роботи

- 1) Відкрити модель з першої лабораторної роботи (.../models/dog.obj). Збільшити модель в 15 разів.
- 2) Відріжте нижню частину моделі по площині столу Edit/Plane Cut
- 3) Перетворюємо сітку в твердотільну модель. Натисніть edit, а потім - make solid.

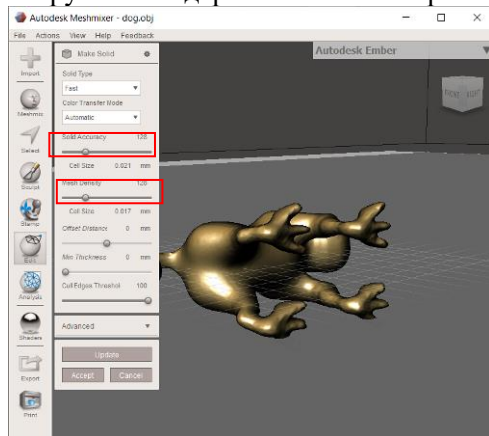


4) Виберіть solid type. тепер ви можете вибрати різний рівень точності трансформації сітки. виберіть fast, так як це досить точний варіант, який швидко відпрацює.



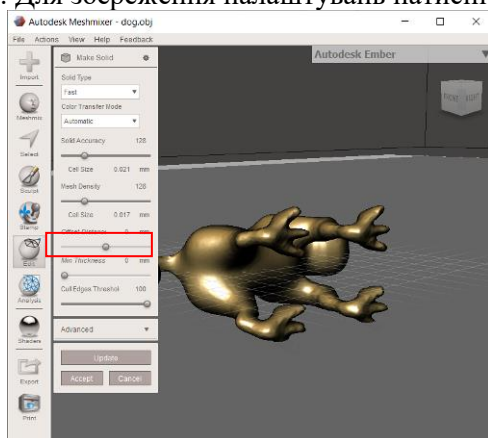
5) Встановіть color transfer mode в режим automatic.

6) Тепер можемо перейти до налаштувань solid accuracy. ця установка відповідає за з'єднання згенерованих твердотільних блоків один з одним. чим вище точність, тим краще будуть розпізнаватися западини, але і обробка займе більше часу. для початку встановіть ассигасу в районі 100. ви можете використовувати слайдер або вибрати значення поруч зі слайдером і вказати потрібне вам значення.



1) Параметр mesh density теж встановить в 100. Цей параметр відповідає за визначення кутів. Якщо ви вкажете менше число, кути будуть нагадувати фаски.

2) Offset distance дає можливість зробити ваш об'єкт тонше або товщим. Матеріал, яким ви друкуєте завжди сідає при охолодженні. Пластик PLA вмощується приблизно на 1.5%, а ABS в деяких випадках до 5%. Так що якщо ви знаєте цей відсоток, можете розрахувати додатково необхідну кількість матеріалу. якщо точність не є важливою або у вас відносно невелика модель, просто залиште цей параметр в 0. Для збереження налаштувань натисніть ассерт.

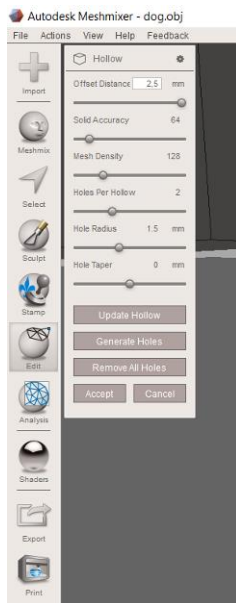


3) Створюємо порожнечі в 3d моделі для економії матеріалу і часу. Іноді під час 3d друку моделей великого обсягу вам хочеться заощадити час і матеріал. у цьому розділі ми розглянемо як цього домогтися, створивши порожнечі в моделі.

4) натисніть edit, а потім hollow (відразу ж під командою make solid).

5) після обробки ви побачите обезформлені об'ємні ділянки в середині моделі, які є сформованими порожнечами.

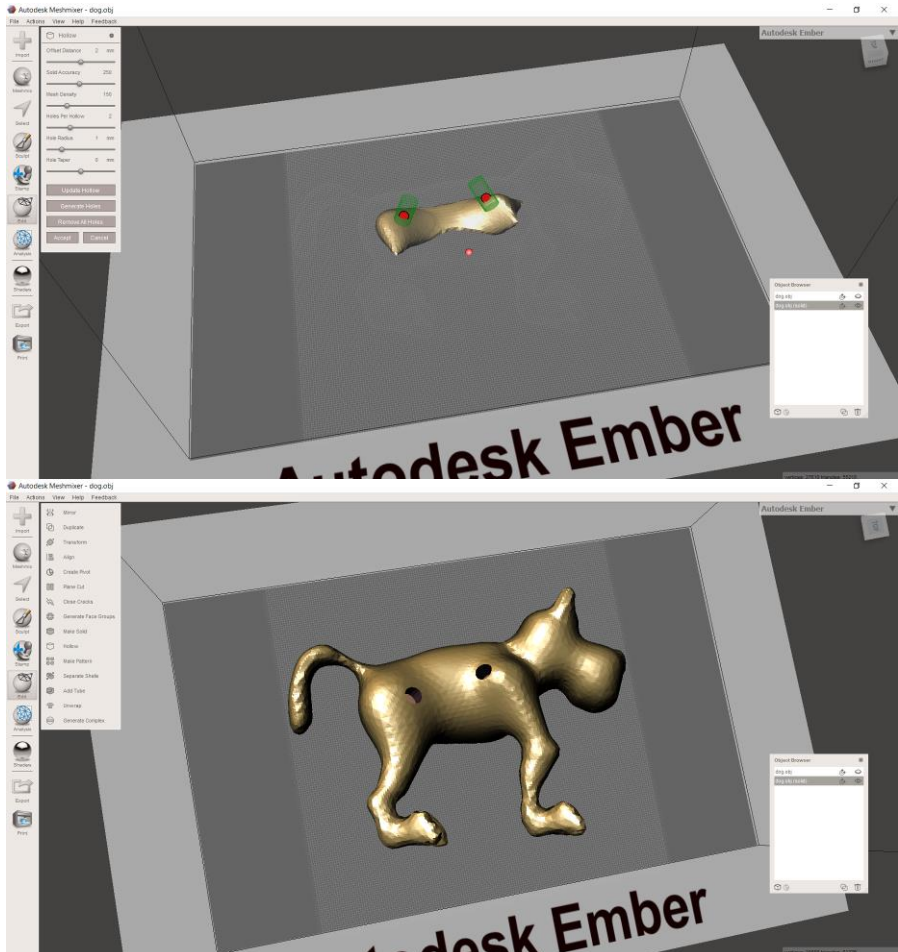
6) тепер ви можете змінити offset distats. цей параметр визначає товщину стінок. Важливо, не робіть стінки занадто тонкими, так як модель може не друкуватися. Встановить товщину стінок 2мм.



7) Solid accuracy і mesh density поліпшать гладкість і точність отворів. Різниця між настройками medium і high-quality помітна, але на практиці вам навряд чи знадобиться висока точність. При цьому high-quality обробка займе набагато більше розрахункового часу. Так що кращий вибір для швидкого і гарного результату встановіть близько 250 для параметра accuracy і 100-150 для mesh density. Інші налаштування залиште як є і натисніть асерт для обробки.

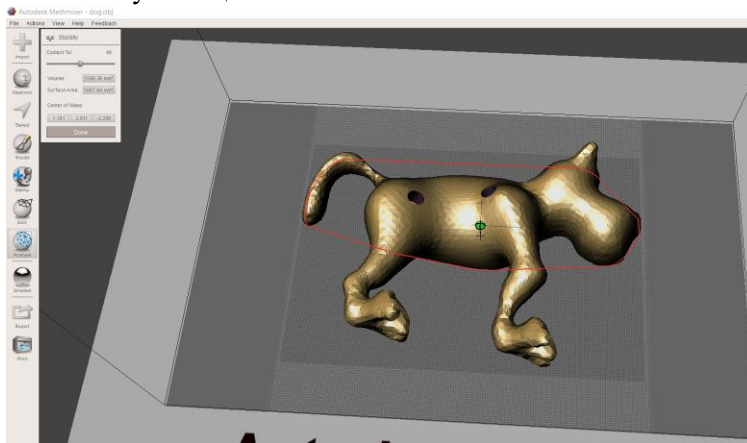
8) Створюємо власні отвори для виведення матеріалу. після створення порожнечі в моделі. У деяких технологіях 3d друку, наприклад, спікання металу в якості матеріалу використовується металевий порошок. У більшості випадків, під час SLS-друку вам необхідна оболонка вашої моделі, для цього необхідно зробити модель порожнистою. Однак порошковий матеріал всередині моделі все одно залишиться і якщо його не видалити, буде коштувати вам грошей. Якщо ви плануєте спікання вашої моделі, треба створити евакуаційні отвори для порошку. Meshmixer пропонує ефективний інструмент для створення таких отворів. Встановіть значення holes per hollow рівним 2. Під час 3d друку моделей більшого розміру ви можете додати більше отворів, але зазвичай 2 отвори цілком достатньо. Тепер встановіть радіус отвору Hole Radius 1мм. Якщо

необхідно, можете додати кут нахилу за допомогою опції hole taper, встановить 0° . Коли встановлені бажані настройки, натисніть generate holes. Тепер ви зможете переміщати отвори (як на малюнку), потягнувши за червону крапку. ви можете оновити параметри, натиснувши generate holes ще раз і видалити отвори, натиснувши remove all holes.

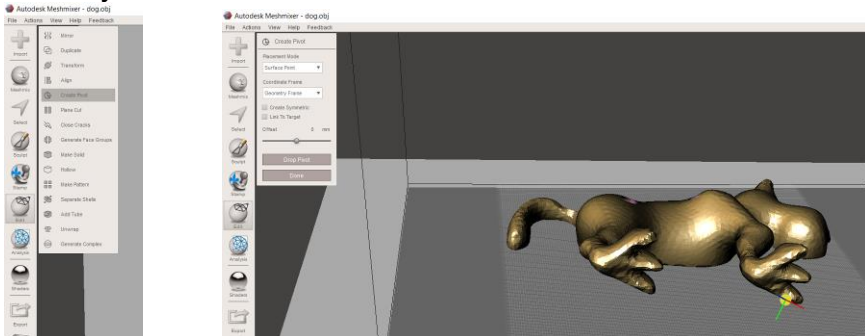


9) Перед початком 3d друку, треба переконатися, що об'єкт перебуває на одній площині з підставою. для цього перейдіть в меню analysis/stability. Цей інструмент Meshmiser розрахує площу поверхні і

об'єм вашого об'єкта. Більш того, червоним кольором буде відзначена поверхню контакту моделі з заснованої площиною. Налаштовуючи contact tol ви додаєте або забираєте деякий зазор між основною площиною і об'єктом. Червона точка в центрі вашого об'єкта вказує на нестабільну позицію. Зелена точка - стабільна.

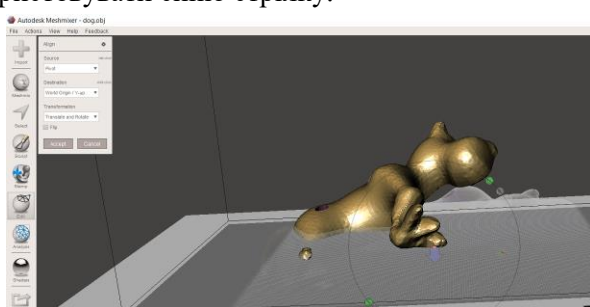


10) Є один трюк, який допоможе виставити ваш об'єкт ідеально щодо основної площини без покрокової повільної трансформації. Перейдіть в edit/create pivot. У placement mode виберіть пункт surface point, а в geometry - coordinate frame. Після цього клікніть на площині вашого об'єкта, яку ви хочете вирівняти. натисніть drop pivot, щоб підтвердити прихильність і натисніть done для виходу.

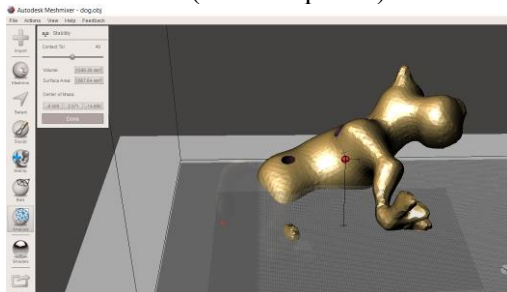


11) тепер перейдіть в edit/align, виберіть опцію pivot в source і натисніть на точку, яку ви переміщали до цього. Встановіть

destination відповідно до однієї з координатних осей. Для повороту моделі можете використовувати синю стрілку.

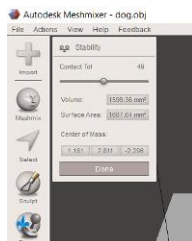


12) ще раз перевірте стабільність вашої 3d моделі за допомогою інструменту stability. Тепер модель розташовується на базовій площині не стабільно (точка червона).

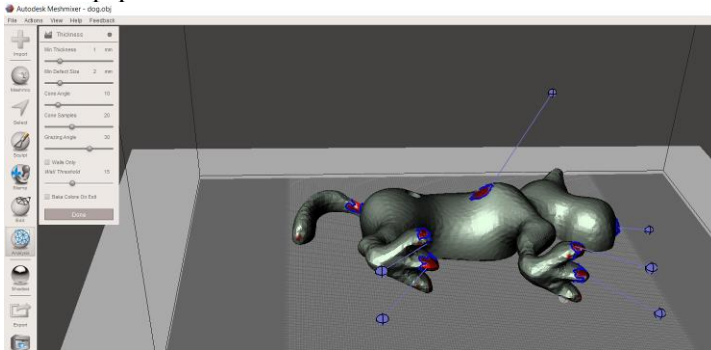


13) Поверніть модель у попереднє становище у верхньому меню Actions/UndoBack

14) Аналіз стабільності і товщини. іноді вам треба зробити швидкий аналіз геометрії вашої 3d моделі. Meshmixer не може змагатися з серйозними програмами фем-аналізу, але відмінно впорається з розрахунком таких властивостей як обсяг і маса моделі. Розрахувати ці параметри ви можете за допомогою інструменту stability.



Товщину моделі можна перевірити за допомогою analysis/thickness. Тепер ви можете встановити мінімальну товщину або вказати власні значення і Meshmixer виділить ці області. Ви можете редагувати окремі ділянки. Виділити їх можна, клікнувши на відповідних сферах.



3.5 Контрольні питання

- 1) Як розрізати модель у MeshMixer.
- 2) Аналіз орієнтації для друку у MeshMixer.
- 3) Підготовка до 3D друку
- 4) Створення порожнин в 3D моделі для економії матеріалу і часу
- 5) Створення отворів для виведення матеріалу

Лабораторна робота №4

АВТОМАТИЧНЕ ТА РУЧНЕ СТВОРЕННЯ ПІДТРИМОК НА 3D-МОДЕЛІ В ПРОГРАМІ MESHMIXER.

4.1 Мета роботи

- 1) Навчитись аналізувати моделі для визначення необхідних підтримок
- 2) Навчитись автоматичному та ручному створенню підтримок
- 3) Навчитись редагувати створені підтримки

4.2 Матеріально-технічне забезпечення

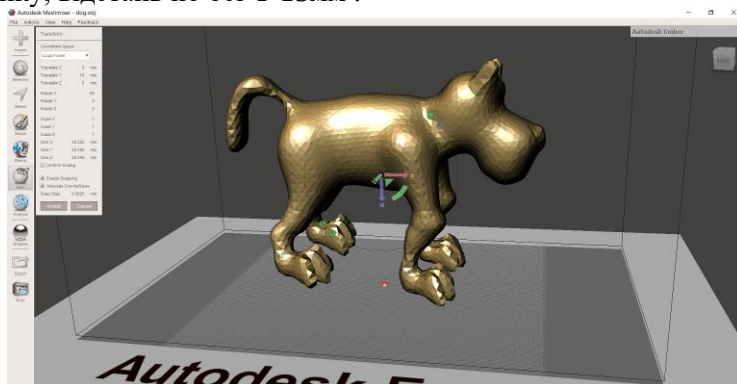
- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення Meshmixer

4.3 Загальні положення і відомості

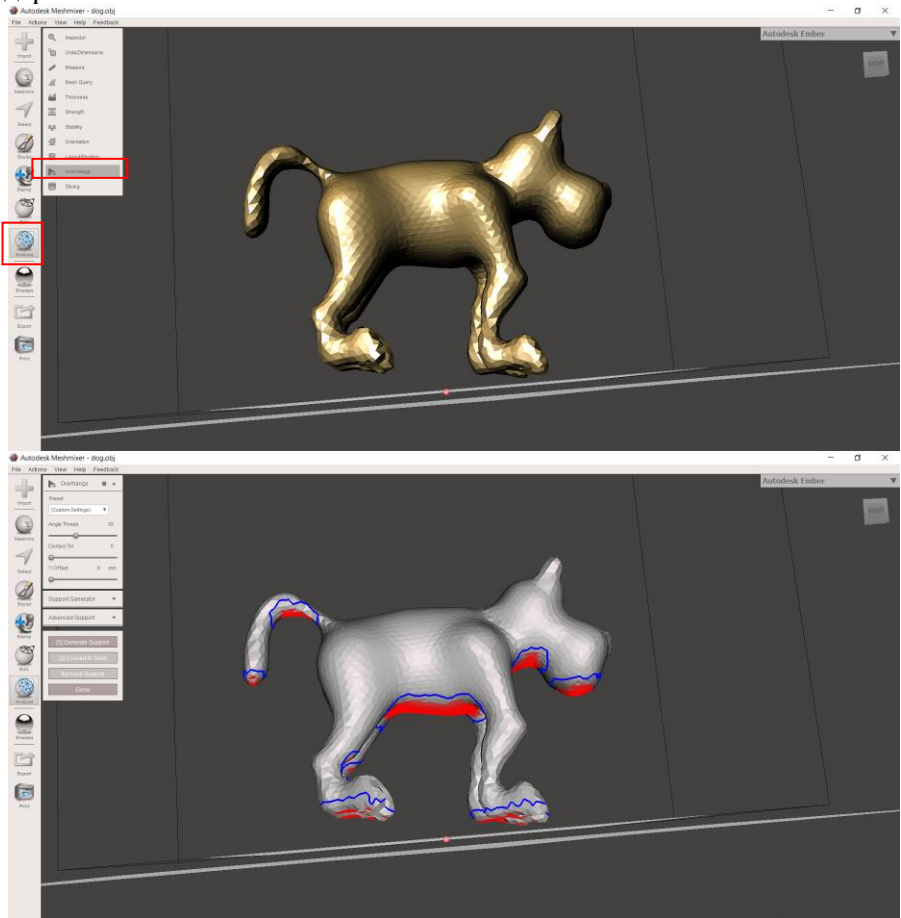
Автоматичне та ручне створення супортів. Meshmixer надає чудовий інструмент для створення власних супорт-структур. Є можливість генерувати супорти автоматично.

4.4 Порядок виконання лабораторної роботи

- 1) Відкрити модель з першої лабораторної роботи (.../models/dog.obj). Збільшити модель в 15 разів.
- 2) Спочатку розташуйте вашу модель на базовій площині як на малюнку, відстань по осі Y 15мм .



3) Потім перейдіть до analysis /overhangs. Тут ви можете вибрати один із 3D принтерів, представлених у списку або вибрати custom settings. Червоним виділені місця які звисають і потребують підтримок.

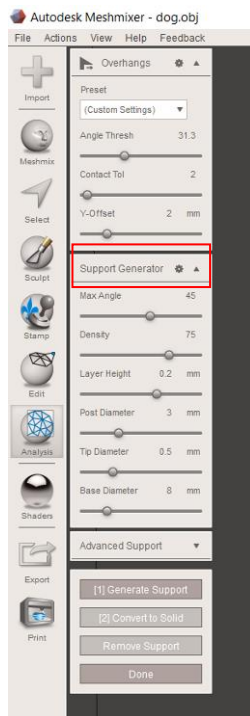


4) Налаштуйте angle thresh, щоб помітити проблемні ділянки. Проблемні ділянки визначаються кутом між вектором-перпендикуляром до поточної площини та вектором, який перпендикулярний базовій площині. Цей кут повинен бути меншим за встановлене значення. Встановіть 30°.

5) Contact tol - це поріг між двома гранями. Якщо відстань між нависанням та іншим місцем менша за це значення, це не буде виявлено як нависання. Встановіть 2 мм.

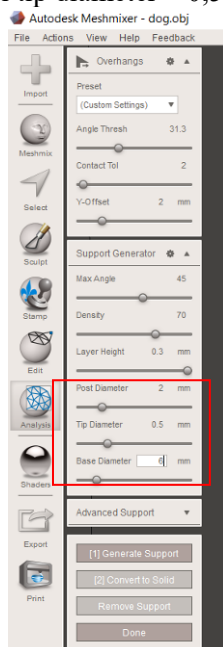
6) Y-offset - це відстань між базовою площиною та проблемною ділянкою. Працює так само, як contact tol, але для порівняння береться базова площина. Встановіть 2 мм.

7) Налаштуйте параметри ваших супорт-структур у support generator.

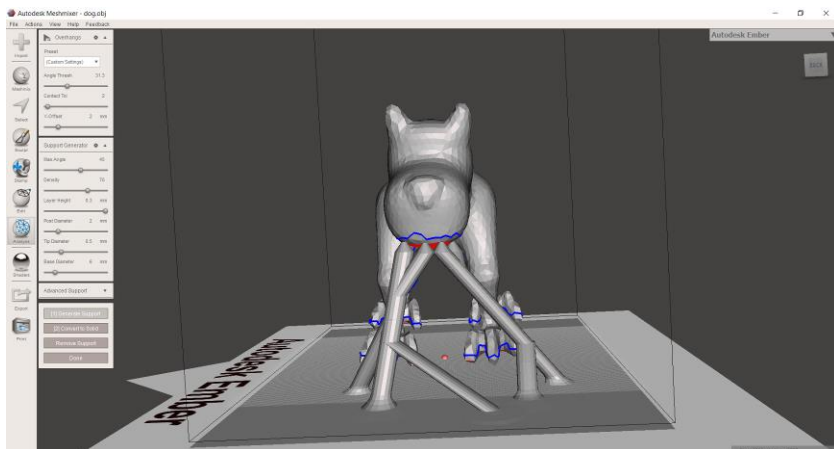


8) Max angle – максимально допустимий кут нахилу. Цей кут вважається щодо базової поверхні. Як правило, це значення виставляють в 45 °, але можна змінювати в залежності від вашого 3d принтера та 3d моделі. Density визначає відстань між супортами. Встановіть значення 70%. Layer height виставляється відповідно до товщини шару друку, яку забезпечує ваш 3d принтер. Встановіть 0,3мм.

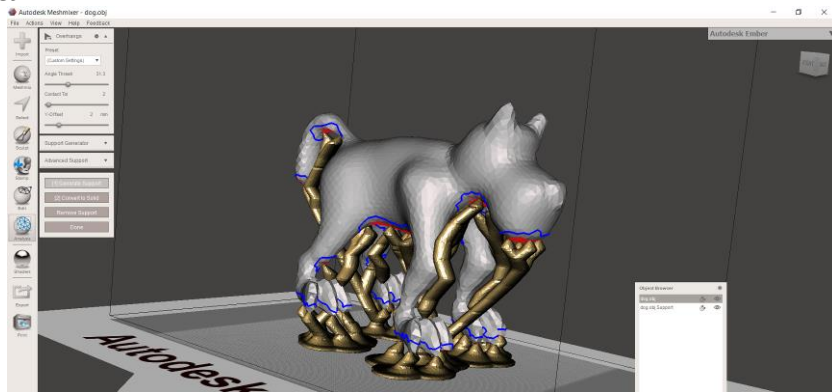
9) Налаштувавши base, post і tip diameter, ви можете створити дуже маленькі або великі супорт-структури. Встановіть base diameter – 2 мм, post diameter – 6 мм і tip diameter – 0,5 мм.



10) Тепер, щоб створити супорт, ви можете натиснути на виділену червоним поверхню. Коли ви змінюєте властивості, наступна супорт-структура буде з новими налаштуваннями. Якщо ви помилилися, можете видалити супорт, клацнувши на ньому мишкою із затиснутою клавішею Ctrl. Команда remove support видалить усі супорт-структури. Ви можете змінити напрямок розташування супортів. Для цього натисніть на червоній зоні праву кнопку миші і ведіть в потрібне місце, коли супорт зелений це вірний варіант розташування, коли жовтий – не вірне його розташування. Для посилення супортів можливо від них теж створювати підтримки. Для цього наведіть на супорт затисніть праву кнопку миші і ведіть як вам потрібно. Створіть вручну підтримки як на малюнку і натисніть Done.



11) Для автоматичної генерації супортів з вибраними параметрами, можна скористатися опцією Generate support. Щоб вона була активною видаліть створені вручну супорти за допомогою Remove Support. Create solid перетворює всі супорт-структури на твердотільну модель. Для цього створіть нову модель підтримок Create solid/ New object



3.5 Контрольні питання

- 1) Які створюються автоматично підтримки у Meshmixer
- 2) Які створюються вручну підтримки у Meshmixer
- 3) Перелік етапів для створення підтримок вручну у Meshmixer.

Лабораторна робота №5

РОБОТА В ПРОГРАМІ-СЛАЙСЕРІ REPETIER-HOST.

5.1 Мета роботи

- 1) Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу програми Repetier-Host.
- 2) Навчитися редагувати моделі в програмі Repetier-Host.

5.2 Матеріально-технічне забезпечення

- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення Repetier-Host

5.3 Загальні положення і відомості

Repetier-Host – програмне забезпечення, яке дозволяє створювати моделі для 3D-принтерів, редагувати їх і відправляти на друк. Графічна оболонка має російську версію, а інтерфейс програми інтуїтивно зрозумілий і простий. З допомогою не можна детально налаштувати параметри принтера та 3D-моделі, а також завантажити попередній перегляд фігур. Repetier-Host – це хост для 3D-принтера та програма для нарізки, яка перетворює файли STL на G-код за допомогою одного з трьох відомих механізмів нарізки: Cura, Slic3r або PrusaSlicer. Він також має масу функцій, які спрямовані на покращення налаштувань 3D-друку.

У верхній частині вікна знаходяться головні параметри програми, за допомогою яких користувач зможе завантажити модель, зберегти готовий або відправити його на друк. Ще вище пропонуються розширені налаштування програмного забезпечення та принтера. Справа містить інформацію про завантажену модель, інструменти для редагування та друку конкретного проекту. У розділі «слайсер» користувач зможе налаштувати основні параметри 3D-принтера.

Repetier-Host має потужний генератор G-коду, який швидко створює «вихідник» для друку. Редактор G-кода дозволить продвинутим користувачам вносити корекції. Після генерації машинного коду 3D-модель в робочій області зміниться і помітить вид надрукованої фігури. Приблизившись до об'єкта можна відрізнити

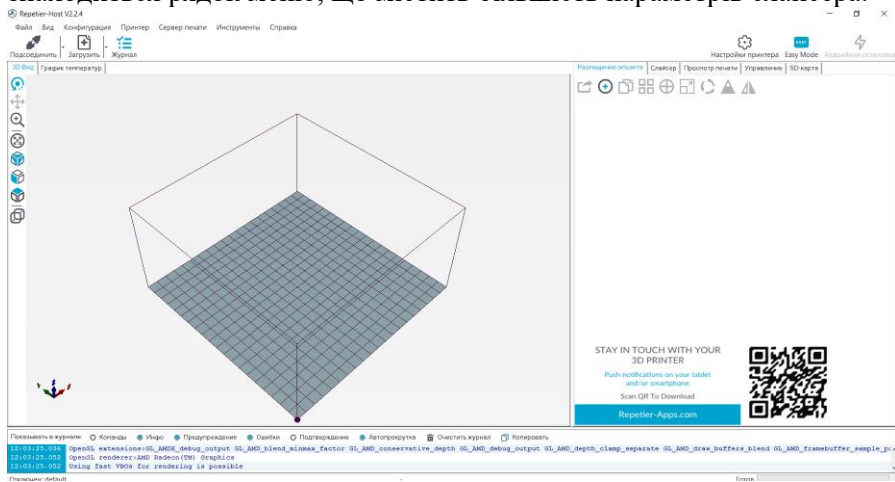
нитки. Якщо в коді є помилка, фігура буде містити дефект.

Можливості Repetier Host:

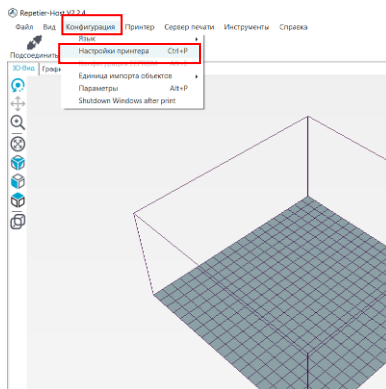
- Завантаження проектів у форматах OBJ і FBX;
- Інструменти для редагування моделей;
- Виробничий генератор G-кода;
- Предпросмотр надрукованої моделі;
- Тонкі настройки принтера.

5.4 Порядок виконання лабораторної роботи

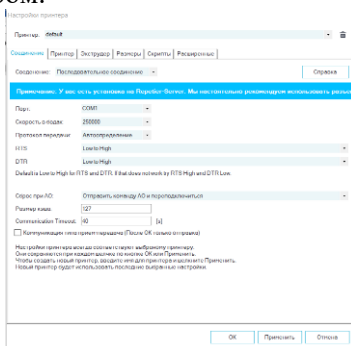
1) Після встановлення, як тільки ви відкриєте програмне забезпечення, ви зустрінете чистий біло-синій інтерфейс користувача. Вікно розділено на два столби: один для попереднього перегляду області друку (включаючи елементи управління), інший — для параметрів друку та інших конфігурацій. У верхній частині вікна знаходиться рядок меню, що містить більшість параметрів слайсера.



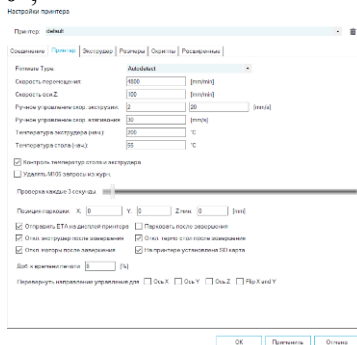
2) Після того, як ви налаштували свій принтер на вкладці «Налаштування принтера», інша частина процесу досить проста. Основний робочий процес дуже інтуїтивно зрозумілий і схожий на будь-яке інше програмне забезпечення для нарізки.



3) У налаштуваннях принтеру можна зазначити параметри з'єднання з комп'ютером.



4) Треба визначити параметри друку принтера: швидкість переміщення екструдера – 5000мм/хв, швидкість вертикального переміщення по осі Z – 120 мм/хв, температура екструдера – 230°, температура столу – 50°.



5) Треба визначити кількість екструдерів – 1, максимальну температуру екструдера – 280°C, максимальну температуру столу – 120°C, максимальний об'єм екструдування – 12мм²/с

Настройки принтера

Принтер: default

Соединение | Принтер | **Экструдер** | Размеры | Скрытие | Распределение

Количество экструдеров: 1

Number of Extruders: 1

Макс. температура экструдера: 280

Макс. температура стола: 120

Макс. объем выдачу: 12 [mm²/s]

☐ Принтер имеет экструдер с датчиком температуры (он)

Экструдер 1

Начало X: []

Диаметр: 0.4 [mm] Температура спирали: 0 [°C]

Скор: []

Скорость по X: 0 Скорость по Y: 0 [mm/s]

OK Применить Отмена

6) Необходимо зазначити розміри області друку: ширина – 200 мм, довжина – 200 мм, висота – 200 мм.

Настройки принтера

Принтер: default

Соединение | Принтер | Экструдер | **Размеры** | Скрытие | Распределение

Тип принтера: Клипер-основанный принтер

Начало X: 0 Начало Y: 0 Начало Z: 0

Макс. X: 200 Макс. Y: 200 Макс. Z: 200 Скорость: 0

Ширина области печати: 200 [mm]

Глубина области печати: 200 [mm]

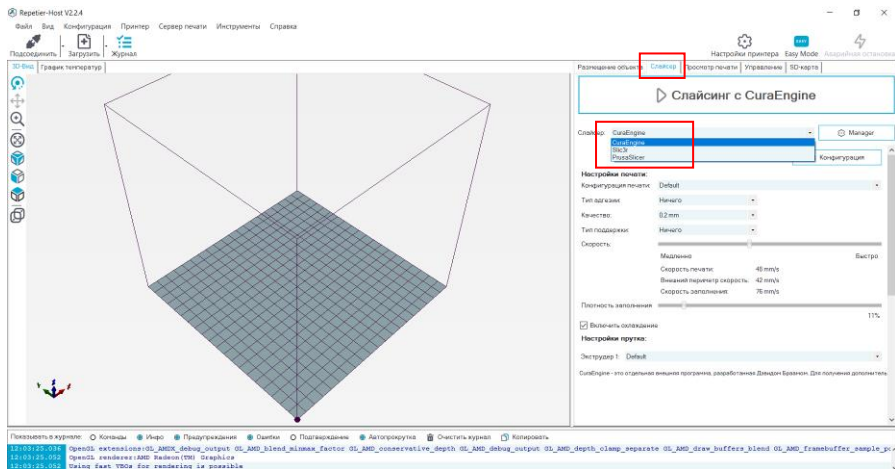
Высота области печати: 200 [mm]

Значения Min и Max определяют диапазон перемещения экструдера. Эти координаты могут быть отрицательными и использоваться по предельной печати. Скорость определяет координаты начала печати.

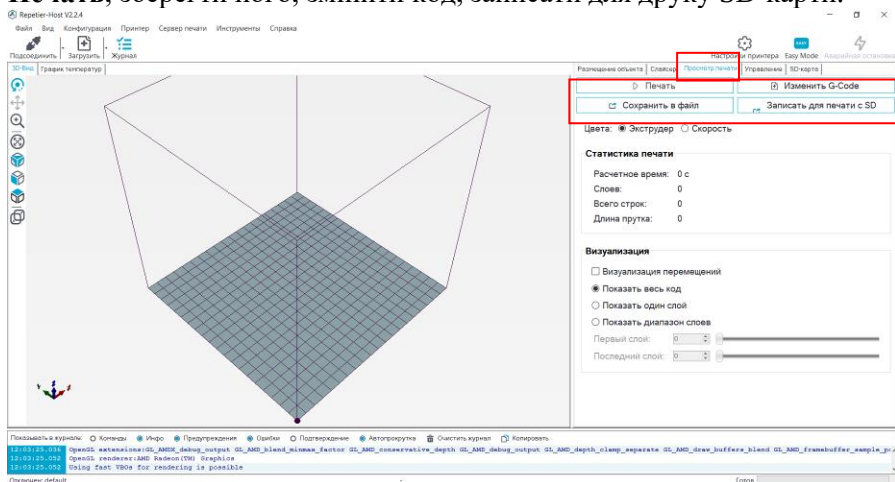
Border in autoresize: 0 [mm]

OK Применить Отмена

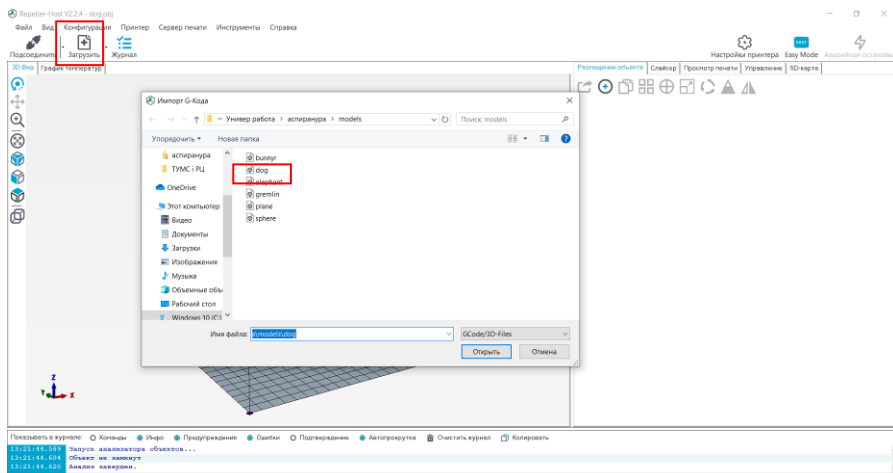
3) Коли прийде час для нарізки, виберіть один із різних механізмів нарізки (слайсерами). Кожен раз, коли ви переключаетесь між слайсерами, вам надається інший набір налаштувань, характерних для кожного механізму слайсера.



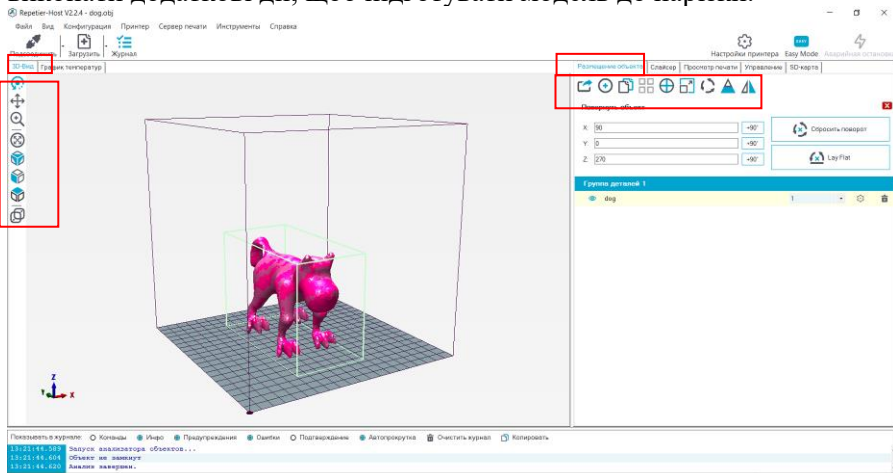
4) Потім у розділі Просмотр печати є варіанти: відправити файл G-коду безпосередньо на підключений принтер та почати друк – Печать, зберегти його, змінити код, записати для друку SD-карти.



5) Щоб загрузити модель для друку необхідно натиснути Загрузить. Обрати модель з першої лабораторної роботи (.../models/dog.obj).

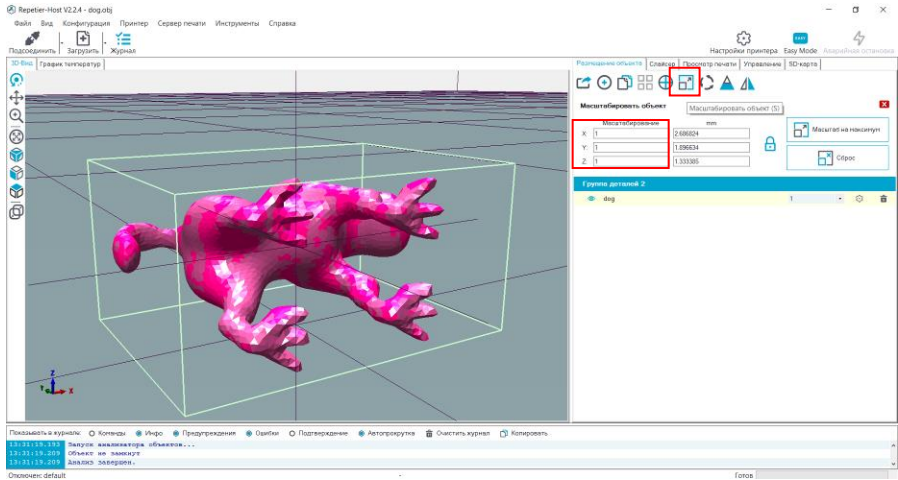


6) 3D вид. Це простір, де ви можете попередньо переглянути модель на робочій пластині вашого принтера та внести корективи в масштаб, розмір тощо. У Repetier-Host є зручні кнопки для завантаження 3D-моделей у слайсер і орієнтації їх на поверхні друку. З правої сторони, на вкладці «Розміщення об'єктів», ви можете виконати додаткові дії, щоб підготувати модель до нарізки.

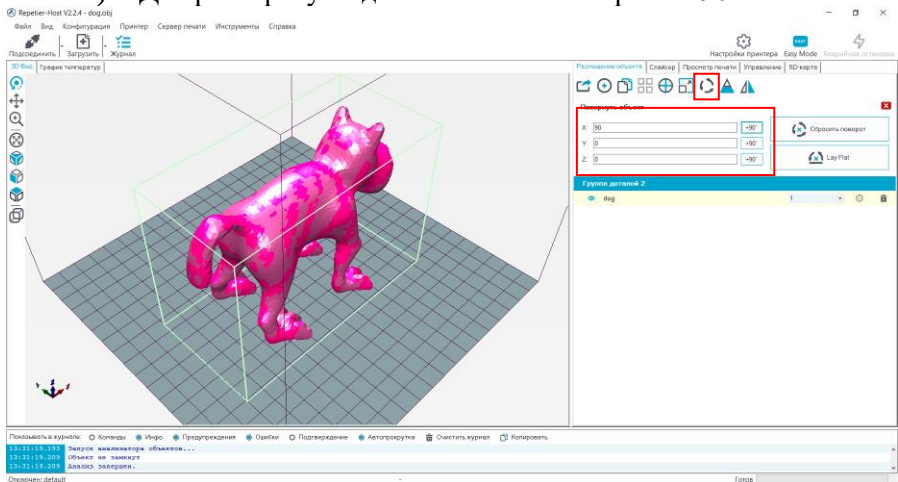


7) Збільшіть модель у 50 разів за допомогою кнопки Масштабирование. Якщо ви хочете масштабувати вздовж кожної з осей координат окремо, вимкніть чекбокс Lock Aspect Ratio. Для переміщення виду затисніть коліщатко миші і рухайте її, для

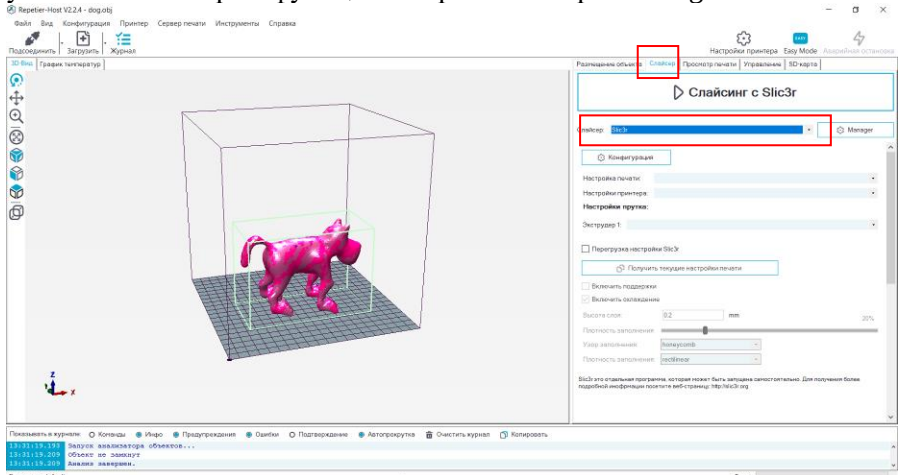
розвороту виду затисніть Ctrl та праву кнопку миші та рухайте її або кнопку поворот на панелі зліва. Для масштабування використовуйте коліщатко миші або на панелі зліва лупу та переміщення з затисненою правою кнопкою миші. Для переміщення моделі використовуйте на панелі зліва хрестик та затиснуту праву кнопку миші. Для центрування виду моделі використовуйте хрестик в колі на панелі зліва.



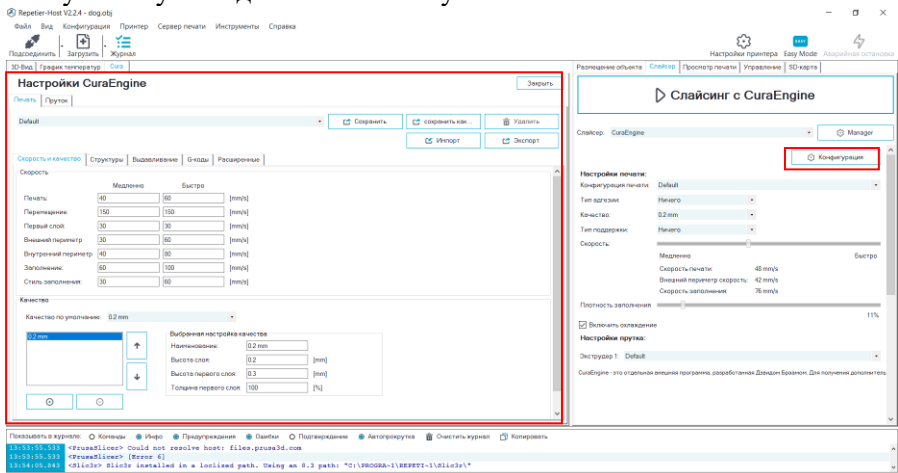
7) Для розвороту моделі виконайте поворот на 90° по осі X.



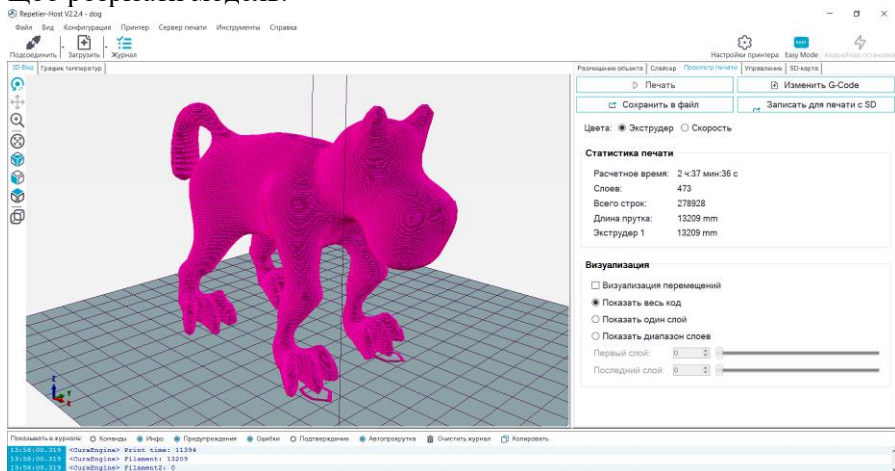
8) Під вкладкою слайсера в правій частині вікна знаходиться інтуїтивно зрозумілих елементів управління. Як ми вже згадували, ви можете вибрати один із трьох движків нарізки, кожен зі своїм унікальним набором функцій. Оберіть слайсер CuraEngine.



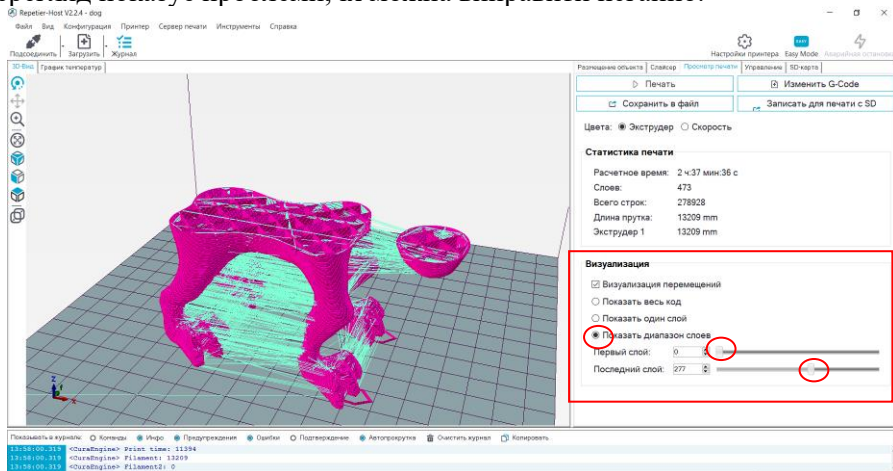
9) Ви можете налаштувати параметри на мікрорівні в кожному слайсері та зберегти конфігурації, щоб ви могли повторно використовувати налаштування для швидкого друку без необхідності знову і знову поводитися з налаштуваннями.



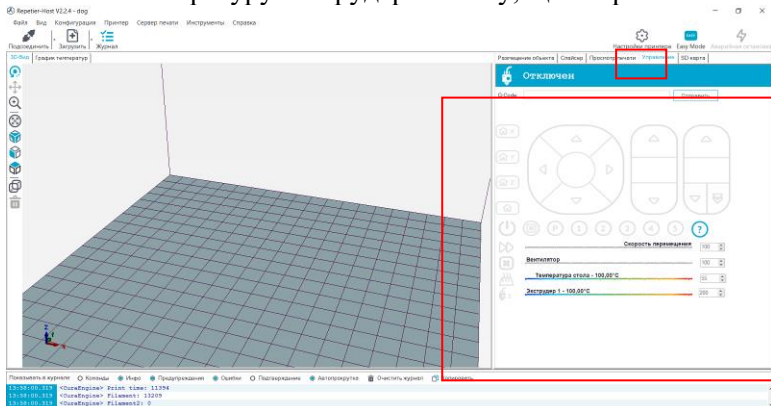
10) Після того, як ви підготували все, ви використовуєте величезну прямокутну кнопку вгорі праворуч Слайсинг с CuraEngine, щоб розрізати модель.



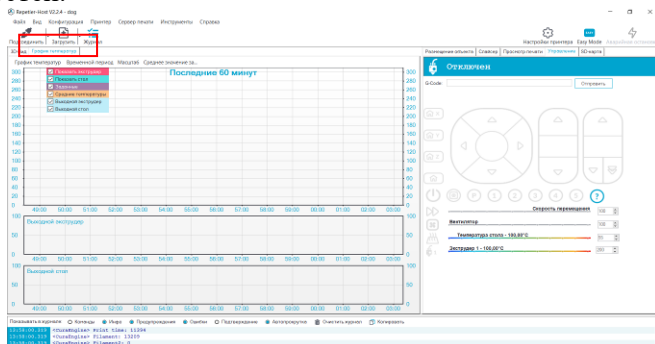
11) Попередній перегляд друку. Ви розмістили модель і нарізали її відповідно до ваших потреб. Тепер настав час подивитися результат. У вікні попереднього перегляду можна візуалізувати, як модель буде надрукована в 3D. Швидкість принтера, руху сопла, обробка виступів (якщо вони є) та багато іншого. Якщо попередній перегляд показує проблеми, їх можна виправити негайно.



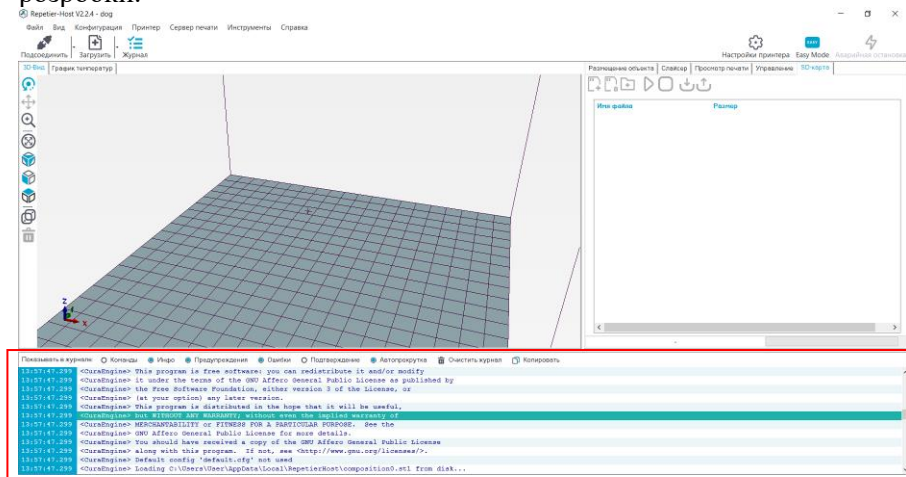
12) Ручне управління. Repetier-Host розпочинався як хост-програма для 3D-друку, розроблена з нуля для ручного керування 3D-друком. Ручне керування підключеним 3D-принтером дозволяє вам взаємодіяти з принтером у режимі реального часу, без необхідності заходити на принтер та змінювати налаштування. У Repetier-Host ви можете відправляти G-код під час друку, а також змінювати і контролювати температуру екструдера і столу, що нагрівається.



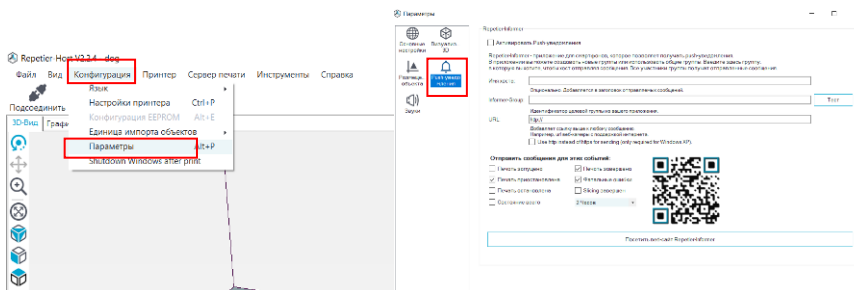
13) Температурна крива. Repetier-Host стає визначним інструментом, коли він підключений до 3D-принтера. Він інформує користувача про різні параметри 3D-друку та візуалізує процес у режимі реального часу. Ви можете відстежувати температуру вашого 3D-принтера з часом на зручному графіку, який дозволяє переглядати дані за останню годину і стежити за значеннями. Якщо 3D-друк не вдался, це може стати життєво важливим інструментом усунення несправностей.



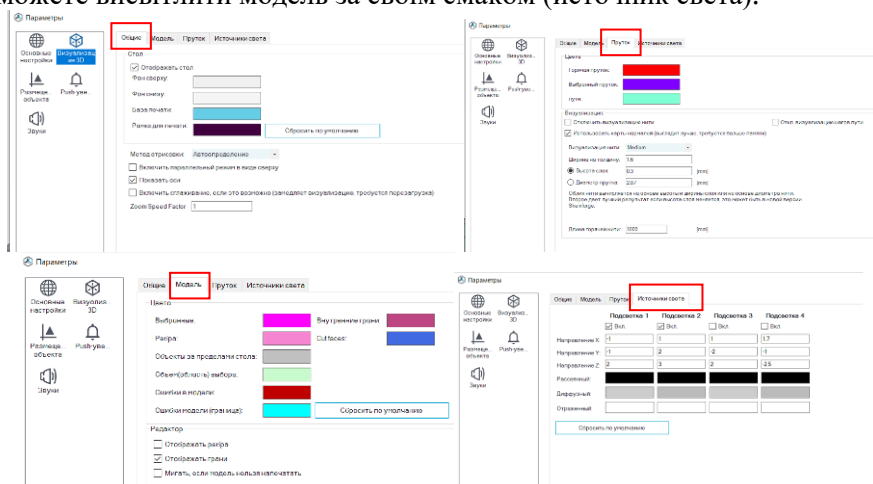
14) Реєстратор. Реєстратор є ще однією унікальною функцією Repetier-Host, яка веде облік усіх дій у програмному забезпеченні. Будь-яка дія, яку ви виконате або виконує слайсер, реєструється та може бути переглянута. Ви можете виділити будь-які помилки або лише команди у реєстраторі. Як і температурна крива, ця функція особливо корисна у разі будь-яких непередбачених помилок. Оскільки Repetier-Host постійно перебуває на стадії розробки, реєстрація ваших дій також надає розробнику цінну інформацію для майбутньої розробки.



15) Репетитор Інформер. Repetier Informer – чудовий інструмент для віддаленого моніторингу 3D-друку. Коли нам усім подобається бачити, як просувається наш 3D-друк, нікому не подобається бути приклеєним до комп'ютера, щоб стежити за його прогресом. Тут на допомогу приходить мобільний додаток Repetier Informer. Воно надсилає push-повідомлення на ваш мобільний пристрій про хід 3D-друку. Таким чином, ви швидко отримуватимете повідомлення про стан ваших відбитків, у тому числі про те, що друк не вдавсь. Ця програма дійсно розширює можливості використання Repetier-Host і дає вам душевний спокій, знаючи, що ви завжди в курсі стану друку.



16) У меню «Конфігурація» є вибір налаштувань, в яких ви можете налаштувати інтерфейс користувача Repetier-Host. Серед цих опцій - «3D-візуалізація», яка надає вам безліч варіантів того, як ви хочете налаштувати зовнішній вигляд інтерфейсу користувача. Ви можете встановити кольори інтерфейсу користувача (общие) і змінити зовнішній вигляд попереднього перегляду моделі (модель). Ті ж налаштування можна застосувати до візуалізації нитки (пруток), і ви можете висвітлити модель за своїм смаком (источник света).



5.4 Контрольні питання

- 1) Як обертати модель на робочому столі
- 2) Як перемістити модель на робочому столі
- 3) Як змінити масштаб моделі
- 4) Як додати модель
- 5) Як відрагувати зламану модель при загрузці

Лабораторна робота №6 СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ 3D-ДРУКУ В ПРОГРАМІ REPETIER-HOST.

6.1 Мета роботи

- 1) Ознайомитися з параметрами слайсингу моделі
- 2) Навчитися генерувати G-код

6.2 Матеріально-технічне забезпечення

- 1) ЕВМ.
- 2) Програмне забезпечення Repetier-Host

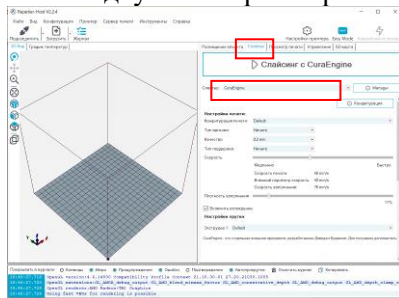
6.3 Загальні положення і відомості

Якщо коли-небудь виникне необхідність вручну відредагувати певний розділ G-коду, Repetier Host допоможе вам. Редактор G-коду дозволяє переглядати весь файл G-коду рядковим чином і редагувати його в самій програмі. Ви навіть можете відразу візуалізувати змінений файл G-коду.

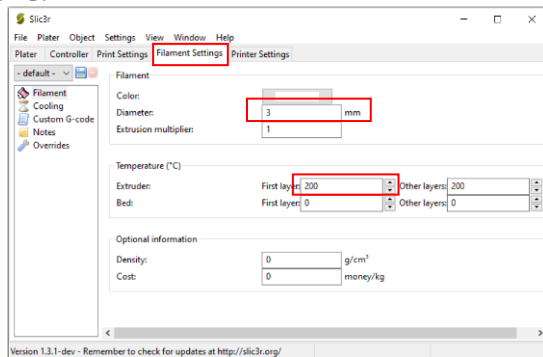
Як інформаційна функція редактор G-коду навіть включає пояснення до різних команд. Ви можете шукати та замінювати будь-які рядки коду. Візуалізація редагованого G-коду та пояснення команд роблять його корисним для кожного користувача 3D-слайсера.

6.4 Порядок виконання лабораторної роботи

- 1) Відкрийте програму Repetier-Host
- 2) Перейдіть во вкладку Слайсер. Оберіть слайсер Slic3r.

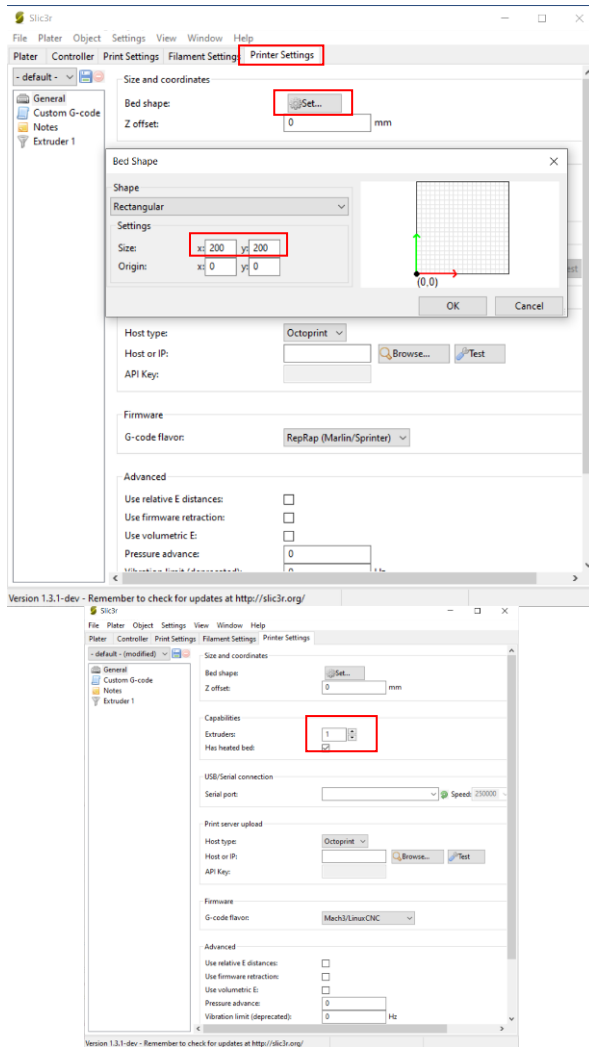


3) Налаштуйте параметри слайсингу 3D моделі: Filament Settings. Встановіть діаметр нитки 1,75мм, температуру екструдера “first layer” 205°C.

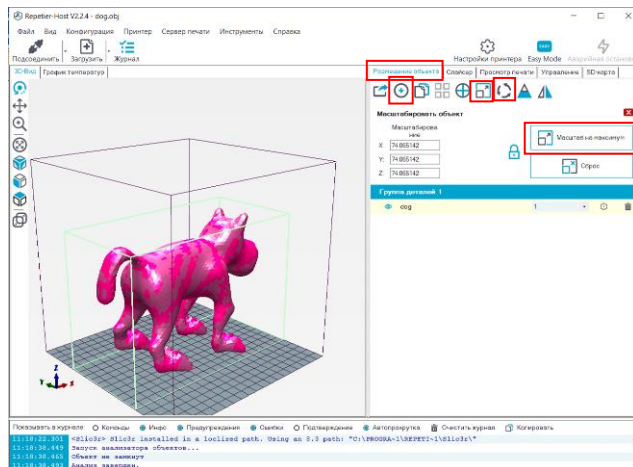


4) Останній крок у налаштуванні параметрів слайсера Repetier-Host – це налаштування параметрів 3D принтера. Ці налаштування можна знайти в налаштуваннях слайсера на вкладці "Printer Settings" праворуч від "Filament Settings". Налаштування цього розділу за великим рахунком дублює налаштування в правому верхньому кутку Repetier-Host. Після того, як ви увійдете в налаштування принтера в слайсері, натисніть "General" і введіть розмір столу та нульове положення.

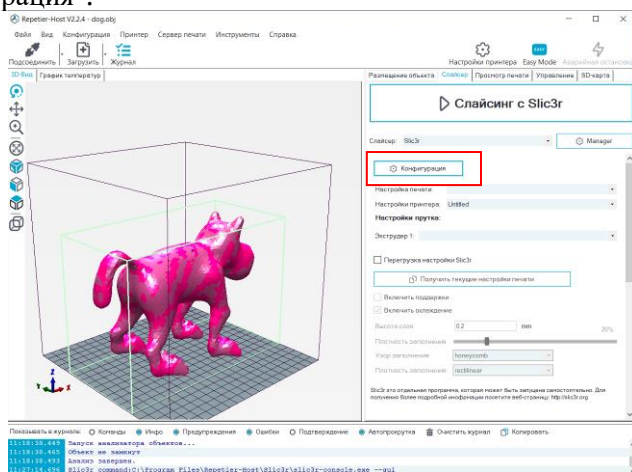
5) Налаштуйте параметри слайсингу 3D моделі: Printer Settings. Розмір столу x=100мм, y=100мм, z offset – 0мм. Кількість екструдерів – 1.



6) Додати модель з першої лабораторної роботи (.../models/dog.obj). Встановити масштаб на максимум та повернути модель.



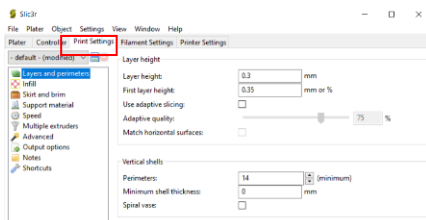
7) Налаштуйте параметри слайсингу 3D моделі: загальний огляд. Тут ви налаштуєте параметри філаменту, налаштування температури, заповнення, швидкості та матеріалу підтримки. Щоб налаштувати параметри слайсингу, клацніть вкладку "Слайсер" у верхньому правому куті Repetier-Host, потім клацніть "Конфігурація".



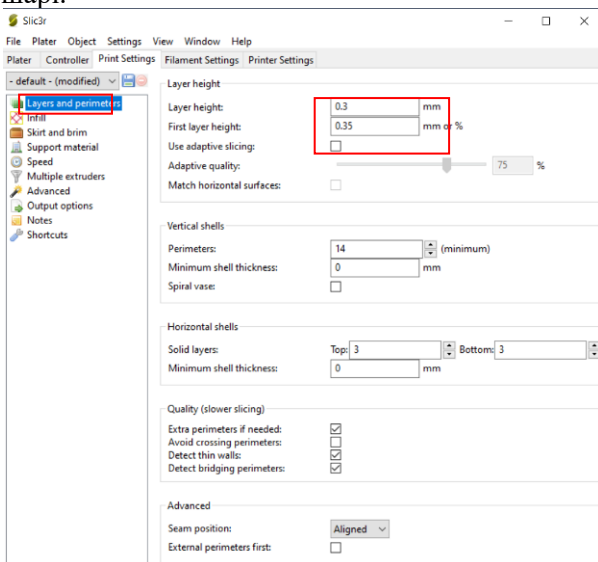
8) Після того, як ви натиснете "Конфігурація", з'явиться вікно з вкладками: "PrintSettings", "FilamentSettings" та "PrinterSettings" та інші. На кожному із цих вкладок є параметри, які

потрібно налаштувати. У налаштуваннях 3D друку зліва є безліч параметрів.

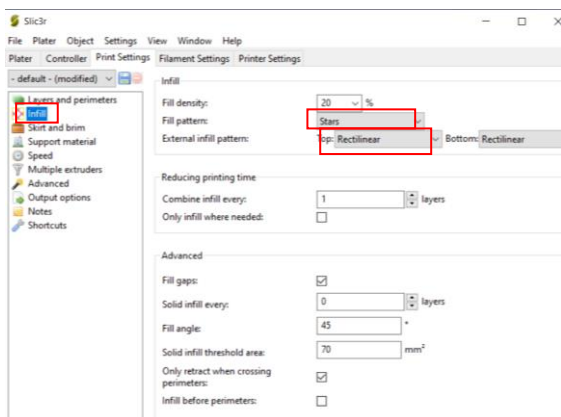
9) Налаштуйте параметри слайсингу 3D моделі: Print Settings



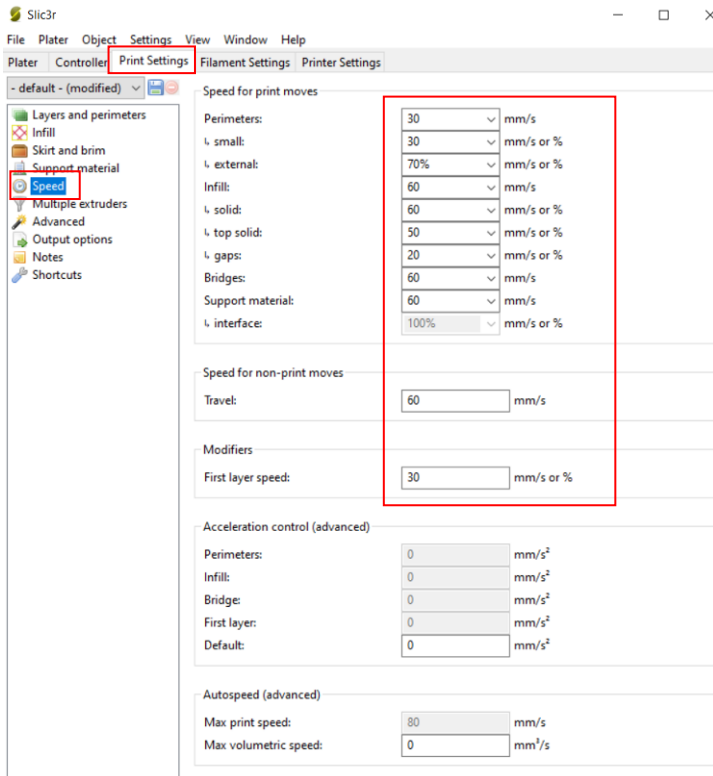
10) Вкладка "Layers and Perimeters". Тут ви встановлюєте висоту шару, а також вертикальну та горизонтальну стінки. Для висоти шару "layer height" встановіть будь-яку висоту, яка вам підходить: 0,1 мм вважається гарною якістю, а 0,3 мм грубою, тому число від 0,15 до 0,2 мм може бути хорошим компромісом між швидкістю і якістю 3D друку. Рекомендується встановити висоту першого шару "first layer height" близько 0,3 мм, навіть якщо ваша деталь має високу роздільну здатність. Це допоможе правильно створити перший шар, що допоможе обмежити будь-які збої 3D друку на першому шарі.



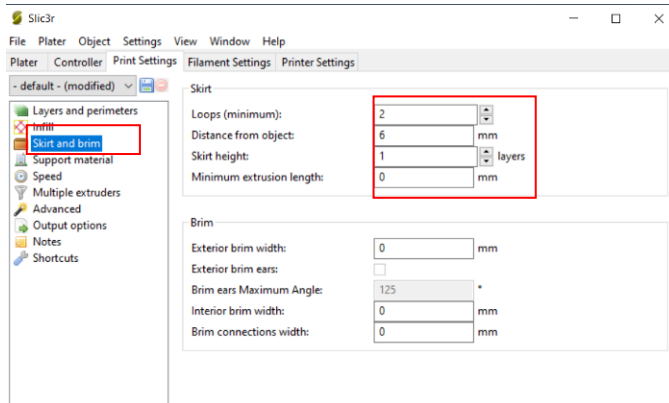
11) Наступний параметр, який потрібно налаштувати, – це "Infill". Тут ви вибираєте відсоток заповнення суцільних областей вашого об'єкта. Зазвичай вибирають між 10% та 15%. Використання меншого відсотка заповнення може значно скоротити час 3D друку, витрату матеріалу та вагу ваших моделей. У Repetier-Host є кілька варіантів на вибір, коли справа доходить до патерну заповнення – стільники "honeycomb", як правило, найміцніші. Ну а найбільш оптимізовані з погляду якості-швидкості – прямолінійні траєкторії "rectilinear".



12) Після того, як заповнення встановлено, настав час переходити до швидкості. 3D принтери можуть друкувати від 1 мм/с до 400 мм/с. Як правило, зі збільшенням швидкості якість падає. Зазвичай друкують зі швидкістю від 60 до 120 мм/с.



13) Наступне налаштування Repetier-Host - "Skirt and Brim", де ви можете вибрати, скільки філаменту буде подано в сопло перед початком друку основної моделі для його очищення. Значення за умовчанням складає 2 петлі на відстані 6 мм від моделі. Як правило, цього достатньо, щоб розпочати якісний 3D друк. Якщо цих налаштувань недостатньо, можна збільшити кількість петель, або відстань від моделі. Збільшуючи будь-який з цих параметрів ви збільшуєте кількість матеріалу, що подається. При зміні відстані до об'єкта слід мати на увазі, що зі збільшенням відстані ви зможете візуально визначити, чи добре відкалібрований стіл. Зворотною стороною медалі є те, що зі збільшенням відстані від моделі 3D друк може вийти за межі робочого простору. Загалом, надмірно збільшувати цю відстань просто фізично не вийде, особливо якщо ваша 3D модель з широкою основою.



6.4 Контрольні питання

- 1) Як змінювати параметри сльсингу
- 2) Що таке підтримки
- 3) Як змінити щільність підтримок
- 4) Як змінити щільність наповнення моделі
- 5) Як згенерувати керуючу програму
- 6) Як подивитися візуалізацію друку

Лабораторна робота №7

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ДРУКУ НА 3D-ПРИНТЕРІ. КОМПОНЕНТИ FDM-ПРИНТЕРА.

7.1 Мета роботи

- 1) Ознайомитись з параметрами друку
- 2) Навчитись задавати параметри друку у програмі Repetier-Host

7.2 Матеріально-технічне забезпечення

- 3) ЕВМ.
- 4) Програмне забезпечення Repetier-Host

7.3 Загальні положення і відомості

Repetier-Host має повний набір функцій, які допоможуть вам у процесі 3D-друку.

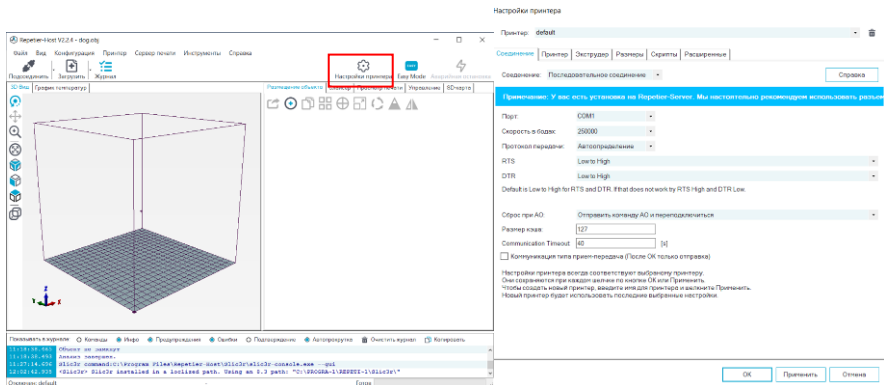
Repetier-Host надає вам можливість вибору з трьох потужних слайсерів для вашої 3D-моделі.

Ручне управління Repetier Host є важливою і провідною функцією програмного забезпечення.

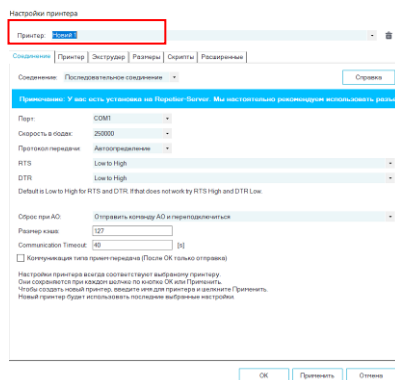
Repetier Host дозволяє використовувати до 16 екструдерів для ваших 3D-принтерів, додаючи прості можливості для роботи з декількома матеріалами.

7.4 Порядок виконання лабораторної роботи

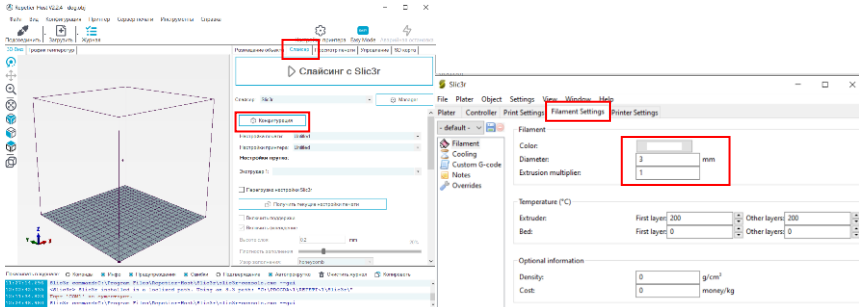
- 1) Налаштування параметрів 3D принтера в Repetier-Host. "Printer Settings" - це те, де ви вибираєте розмір робочого простору вашого 3D принтера в Repetier-Host, і те, як він взаємодіє з комп'ютером. Відкрийте Repetier-Host і клацніть "Printer Settings" у верхньому правому кутку.



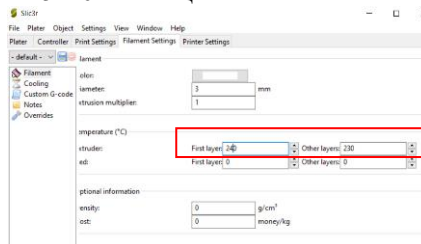
3) У налаштуваннях 3D принтера ввести ім'я нового принтеру вгорі, щоб додати новий принтер. Обов'язково ввести зрозуміле ім'я, тому що вам потрібно знову звернутися до нього, якщо ви вирішите налаштувати кілька 3D принтерів. Після додавання нового принтера ви повинні побачити вкладки: "Соединение", "Принтер", "Экструдер" та інші. Тут ви вводите загальні налаштування 3D принтера. Вони є різними для кожного принтера і повинні надаватися вам виробником принтера.



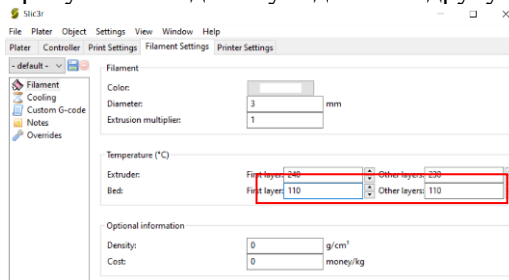
4) Налаштування матеріалу в Repetier-Host можна знайти в налаштуваннях слайсера на вкладці "FilamentSettings" праворуч від "PrintSettings". Налаштувати їх досить просто. Спочатку вкажіть діаметр матеріалу, який вказаний на катушці – це зазвичай 1,75 мм або 3,00 мм. Множник екструзії повинен дорівнювати 1, якщо ви не компенсуєте недостатню або надмірну екструзію.



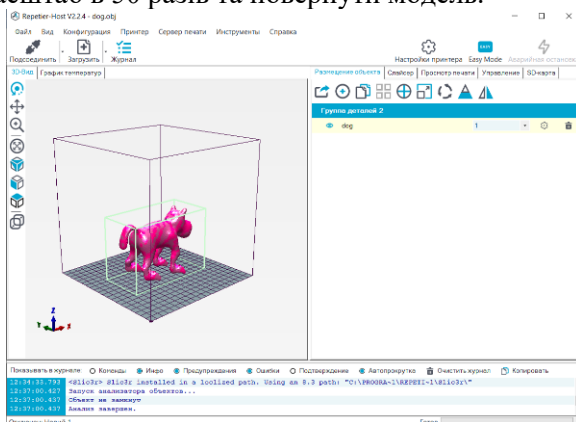
5) Температура залежить від типу філаменту: PLA становить приблизно 200-230 °C, а ABS - приблизно 230-260 °C. Варто почати з нижнього рівня і поступово підвищувати температуру. Якщо пластик не прилипає до столу, можливо, слід збільшити його температуру. Для кращої адгезії першого шару рекомендується встановити його температуру друку на 5-10 °C вище за інші.



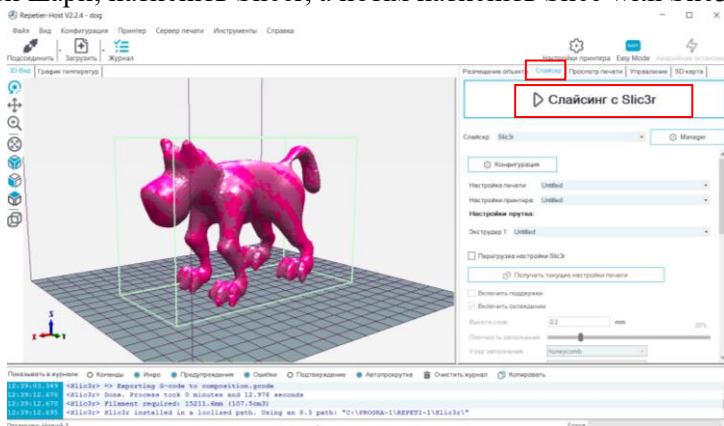
6) Підігрівний стіл "bed" може допомогти покращити адгезію PLA, а при друку ABS його наявність необхідна. Ідеальна температура для 3D друку пластиками ABS становить близько 110 °C, але, на жаль, для досягнення цієї температури столу може знадобитися багато часу. Залежно від 3D принтера, температуру столу можна трохи зменшити. Ознакою того, що температура столу надто низька, є те, що 3D моделі починають відшаровуватися від столу під час 3D друку.



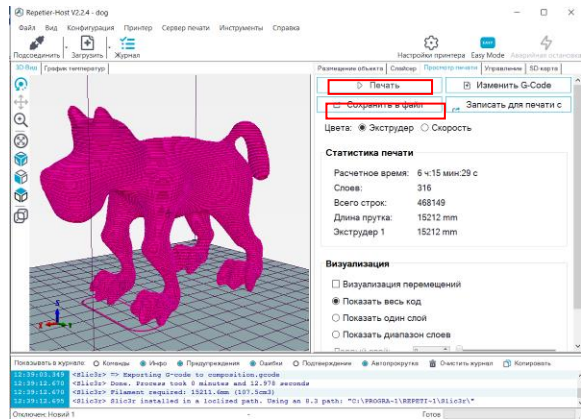
7) Після підключення 3D принтера та налаштування слайсера час нарізати та роздрукувати вашу 3D модель. Додати модель з першої лабораторної роботи (.../models/dog.obj). Збільшити масштаб в 50 разів та повернути модель.



8) Перед 3D друком необхідно розділити модель на шари. Щоб виділити шари, натисніть Slicer, а потім натисніть Slice with Slic3r.



9) Після завершення слайсингу ви можете натиснути "Печать", щоб почати 3D друк, або "Сохранить в файл", щоб почати друк із SD картки.



7.4 Контрольні питання

- 1) З яких частин складається 3D-принтер
- 2) Як задати параметри друку
- 3) Яка температура друку ABS пластику
- 4) Яка швидкість екструдювання ABS пластику
- 5) Яким чином можливо загрузити керуючу програму у принтер

Перелік джерел

1. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства / С.В. Каменев, К.С. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с.
2. Мастенко И. В., Стельмах Н. В. Поліпшення механічних властивостей друкованих деталей. – 2018.
3. Griffey, Jason. 3-D The types of 3-D printing / Library Technology Reports, 2017.
4. Пічугіна Ю. В., Максимова Ю. О., Мазур Ю. В. Економіка майбутнього – перспективи розвитку 3D друку в Україні. *Регіональна економіка та управління*. 2020. №1 (27). С. 65-68.
5. Вишнепольский Є. В., Павленко Д. В., Двирнык Я. В. Прогнозируемые эффекты упрочнения алмазным выглаживанием деталей полученных с помощью селективного лазерного спекания. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2020. №4. С. 43-52.
6. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (І частина). *Наука, технології, інновації*. 2017. № 1. С. 68-77.
7. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (ІІ частина) *Наука, технології, інновації*. 2017. № 2 (2). С. 29-36.
8. Андрощук Г. О., Копил Я. В. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання. *Інтелектуальна власність в Україні*. 2016. № 5. С. 17-26.
9. Гречко О. М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*. 2019. № 1. С. 63-75.
10. Масючок О.П., Юрженко М.В., Колісник Р.В., Кораб М.Г. Адитивні технології полімерних матеріалів. *Автоматичне зварювання*. 2020. №5. С.53-60.