



Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного  
господарства та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх і меліоративних машин

**02-01-566М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних завдань з дисципліни  
**«Основи адитивних технологій»**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою  
«Створення і експлуатація машин та обладнання»  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
усіх форм навчання

Рекомендовано науково-методич-  
ною радою з якості ННМІ  
Протокол № 2 від 02.10.2024

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни «Основи адитивних технологій» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення і експлуатація машин та обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» усіх форм навчання. [Електронне видання] / Лук'янчук О. П. – Рівне : НУВГП, 2024. – 35 с.

Укладач: Лук'янчук О. П., доцент кафедри будівельних, дорожніх і меліоративних машин.

Розглянуто та рекомендовано на засіданні кафедри будівельних, дорожніх і меліоративних машин. Протокол № 2 від 17.09.2024 р.

Відповідальний за випуск: Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх і меліоративних машин.

Керівник групи забезпечення спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» ОПП «Створення і експлуатація машин та обладнання»: Тхорук Є. І.

© О. П. Лук'янчук, 2024  
© НУВГП, 2024

## Зміст

Вступ	- 4
Практична робота №1. Будова і налаштування 3D-принтера	- 5
Практична робота №2. Побудова 3D-моделі деталі типу «Кулькоподібна пружина»	- 19
Практична робота №3. Побудова 3D-моделі деталі типу «Пружина»	- 28
Практична робота №4. Побудова 3D-моделі деталі за габаритними розмірами	- 30
Практична робота №5. Побудова 3D-моделі деталі типу «Молоток»	- 32
Інформаційні джерела	- 34

## Вступ

Адитивні технології – це процеси створення тривимірних об'єктів пошаровим додавання матеріалу на основі цифрових моделей. Вони також відомі як 3D-друк.

Сфера застосування адитивних технологій дуже широка від автомобільної та аерокосмічної промисловості до медицини, архітектури та мистецтва.

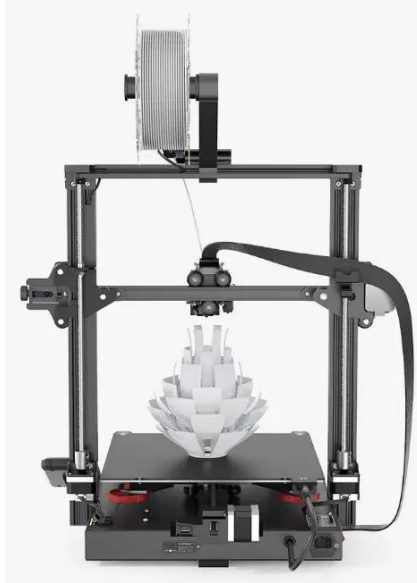
Одна з найцікавіших особливостей адитивних технологій полягає в тому, що за їх допомогою можливо створювати надскладні геометричні форми, які було б дуже складно або неможливо виготовити традиційними методами виробництва. Це забезпечує більш високу точність та ефективність виробництва, а також допомогу інноваційному розвитку в різних галузях.

При підготовці методичних вказівок частково використано матеріали вибіркового курсу освітнього порталу Державного університету "Житомирська політехніка": Адитивні технології виробництва (3D-друк) [1].

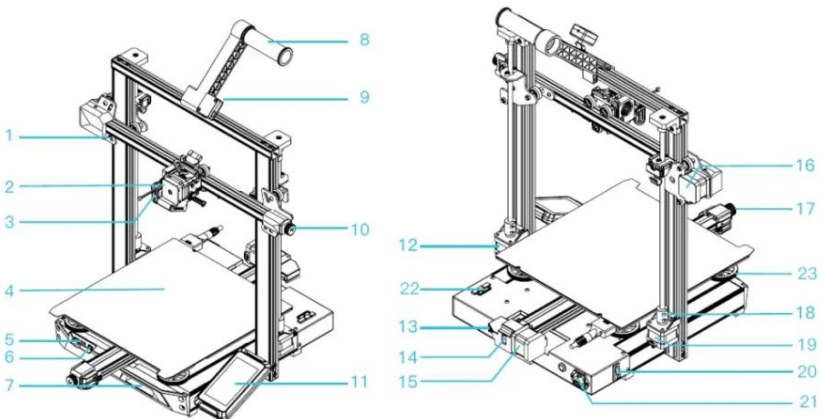
# Практична робота №1

## Будова і налаштування 3D-принтера.

3D-принтер Ender-1 S3 Plus



### . Ознайомлення з обладнанням



1. Кінцевий вимикач осі X
2. Насадка в зборі
3. Збірка автоматичного вирівнювання
4. Платформа для друку
5. Слот для картки пам'яті
6. Підключення типу C
7. Ящик для інструментів
8. Тримач катушки
9. Датчик нитки
10. Ручка регулювання натягу ремня по осі X
11. дисплей
12. Двигун осі Z Z2
13. Кінцевий перемикач осі Y
14. Voltage Тумблер
15. Двигун по осі Y
16. Двигун по осі X
17. Регулювання натягу ремня по осі Y
18. Ручка
19. Двигун осі Z Z1
20. Вимикач
21. Роз'єм живлення
22. Шпилька
23. вирівнюючі гайки
24. Зчіпка

## Список деталей



1 Base Frame X1



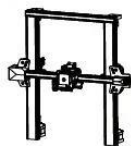
2 Nozzle Kit X1



3 Wire clamp X1



4 Spool X1



5 Gantry Frame X1



6 Display X1



7 Screen bracket X1



8 Material rack and filament sensor X1

## Список інструментів



9 Spade X1



10 Diagonal Pliers X1



11 Filament X1



12 Wrench and screwdriver X1



13 Power Cord X1



14 Nozzle Cleaner X1



15 Storage Card & Card Reader X1



16 Nozzle X1



17 Hexagon socket head spring washer combination screw M5x45 X5



18 Hexagon socket flat round head screw M4x18 X4



19 Hexagon socket head cap screw M3x6 X5



20 Z-axis limit switch kit x1

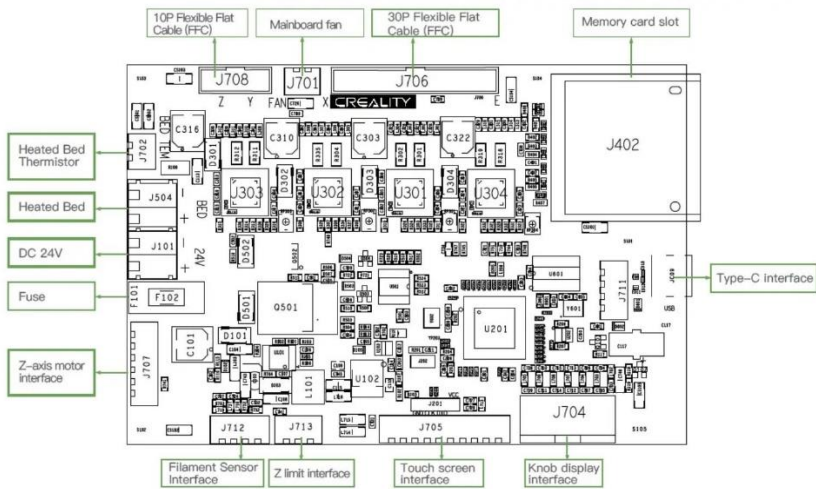


21 8-10 open-end spanners x1

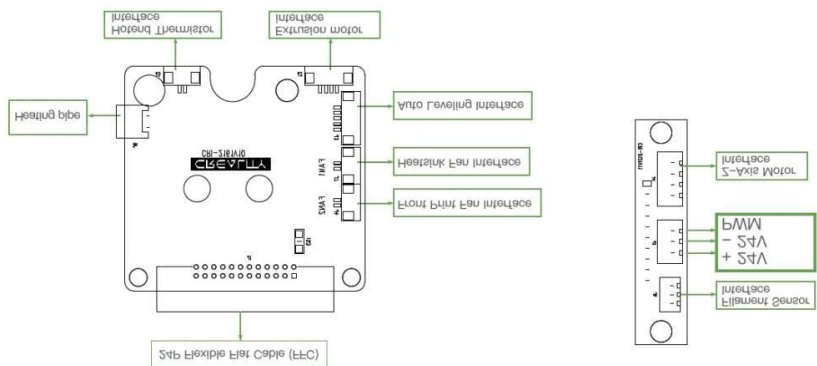
▲ Tips: the above accessories are for reference only, in kind prevail!

## Описи інтерфейсу

## Опис інтерфейсів материнської плати та підключень

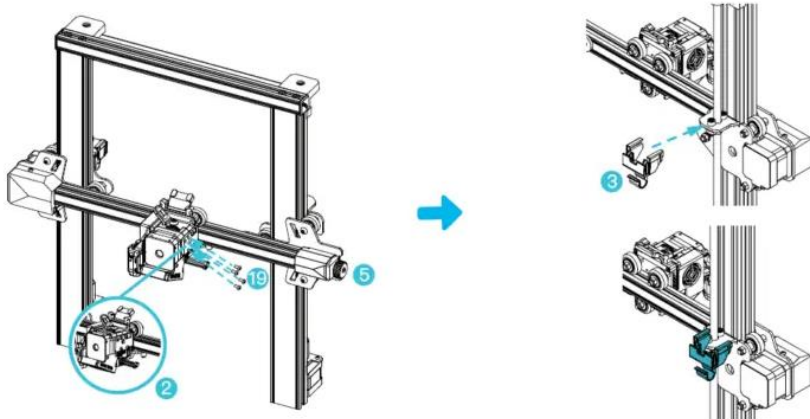


## Опис інтерфейсів насадок



## Встановлення продукту

- Розмістіть насадку на монтажній задній панелі екструдера, попередньо зафіксуйте чотирма гвинтами з внутрішнім шестигранником М3х6, а потім затягніть, щоб зафіксувати її.
- Затисніть дріт кламп до задньої панелі двигуна осі X.



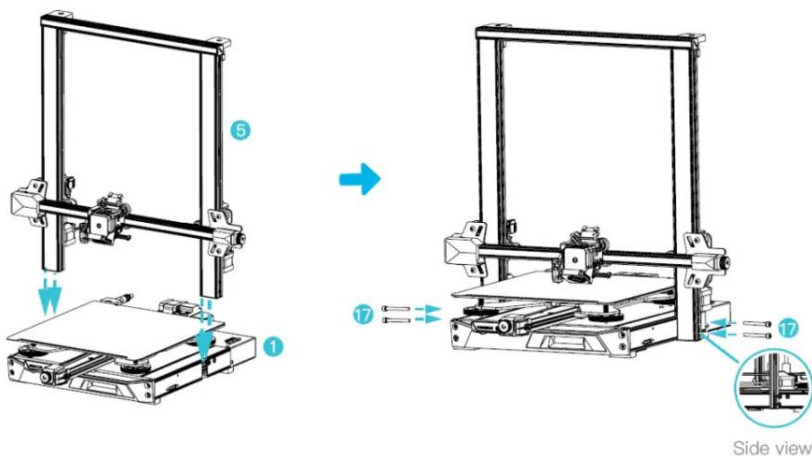
## Монтаж портальної рами

- Спочатку перемістіть вісь X униз, а потім помістіть портал у гніздо основи та попередньо заблокуйте монтажні отвори 2



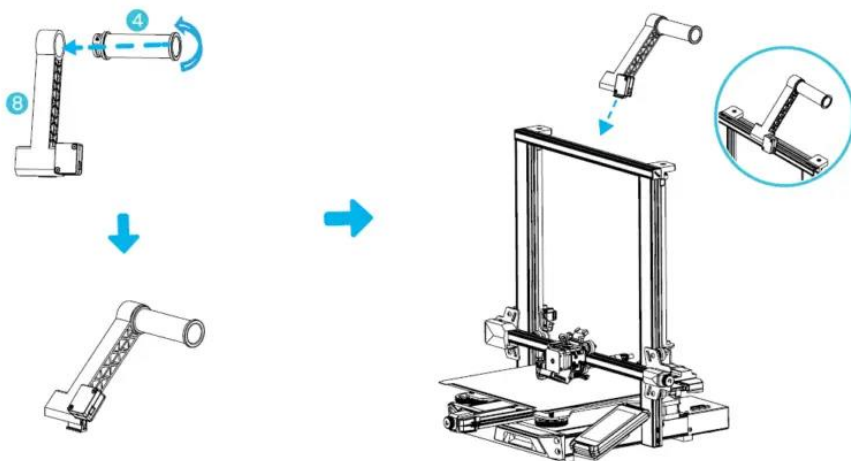
гвинтами М5х45 із внутрішнім шестигранником і пружинними шайбами збоку проти монтажних отворів.

- Поверніть базовий вузол на 180°, щоб переконаватися, що обидві сторони профілю розташовані врівень зверху та знизу, і скористайтеся двома шестигранними гвинтами М5х45 із внутрішнім шестигранником із пружинними шайбами з іншого боку, щоб попередньо зафіксувати монтажні отвори перед затягуванням.
- Поверніть основу на 180° і затягніть попередньо зафіксовані гвинти в А, щоб закріпити її. Закручуючи гвинти, використовуйте коротку сторону ключа.



## Установка дисплея

- Розмістіть кронштейн дисплея збоку від правого профілю та затягніть його трьома шестигранними гвинтами М4Х18 із плоскою круглою головкою.
- Вирівняйте штифти на задній панелі дисплея з великими отворами кронштейна дисплея та вставте їх, а потім посуňte вниз, щоб затягнути його.

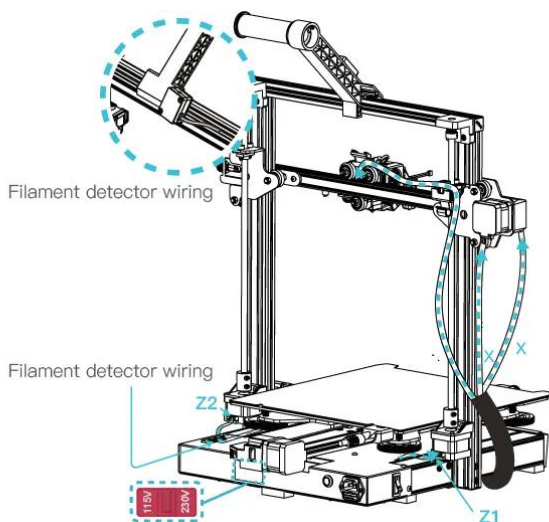


## Монтаж стелажа для матеріалів

- Знайдіть аксесуари труби для матеріалу та закріпіть різьбовий кінець на правому кінці стійки для матеріалу.

## Електропроводка обладнання

1. Під'єднайте насадку до 24-контактного порту, як показано на малюнку. 2. Під'єднайте крокові двигуни осей X і Z відповідно до жовтої мітки на 6-контактному (4-дротовому) порту. 3. Підключіть кінцевий вимикач осі X, як зазначено жовтою міткою на 3-контактному (2 дроти) порту. 4. Під'єднайте 3-контактний (3 дроти) порт 2.0 до наборів ключів і 3-контактний (3 дроти) порт 2.54 до детектора розжарення.



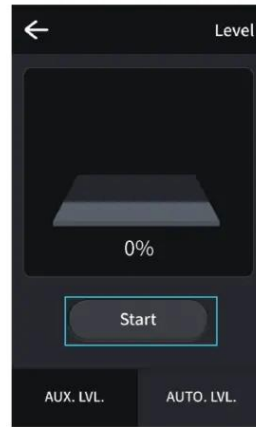
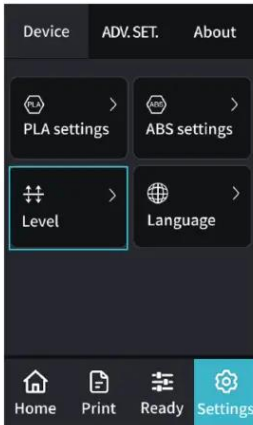
### Зауважте

- Будь ласка, переконайтеся в правильному положенні перемикача живлення та мережі перед підключенням до джерела живлення, щоб уникнути пошкодження пристрою.
- Якщо напруга в мережі між 100 В і 120 В, будь ласка, виберіть 115 В для вимикача живлення.
- Якщо напруга мережі становить від 200 В до 240 В, будь ласка, виберіть 230 В для вимикача живлення (за замовчуванням 230 В).

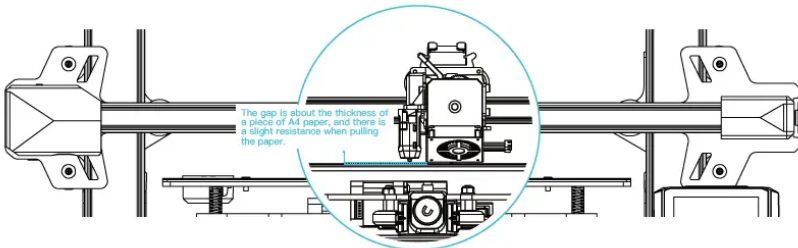
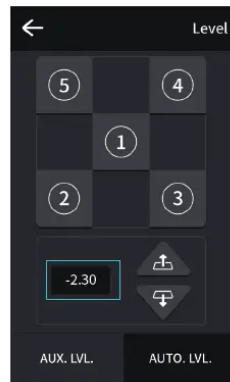
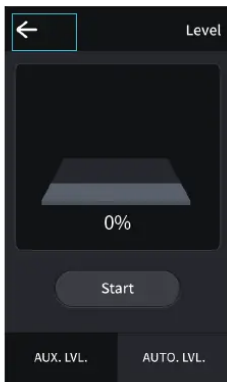
### Авто вирівнювання

(Будь ласка, спершу використовуйте CR Touch для автоматичного вирівнювання. Якщо CR Touch світиться червоним і його неможливо вирівняти, будь ласка, знову скористайтеся допоміжним вирівнюванням.)

1. Перейдіть до «налаштувань» і натисніть «вирівнювання», щоб увійти в інтерфейс вирівнювання CR Touch. Натисніть «Пуск» і дочекайтеся завершення автоматичного вирівнювання.



2. повернутися до попереднього меню. Увійдіть в інтерфейс допоміжного вирівнювання. Налаштуйте значення компенсації осі Z так, щоб висота від сопла до друкарської платформи дорівнювала товщині аркуша паперу А4. Поверніться до попереднього меню, і значення компенсації осі Z буде налаштовано.



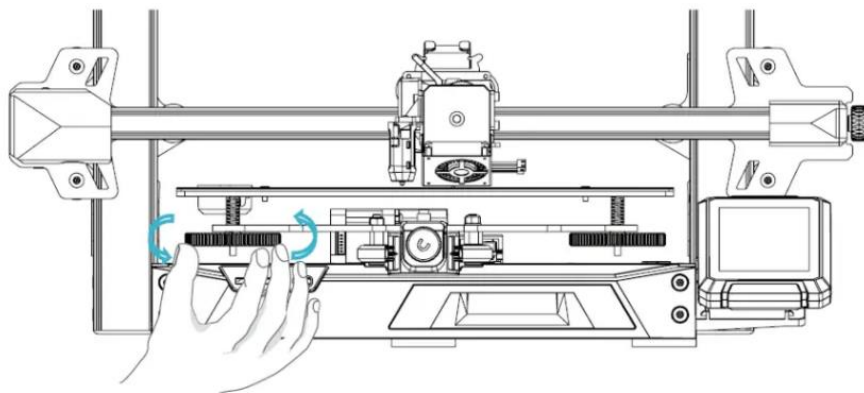
## Допоміжне вирівнювання







(Вирівнювання CR Touch не вдасться, якщо нахил платформи перевищує 2 мм. У цьому випадку замість цього скористайтеся допоміжним вирівнюванням.)

1. Перейдіть до Налаштування → Вирівнювання → Допоміжне вирівнювання. Торкніться цифр ①/②/③/④/⑤ відповідно.
- 2.



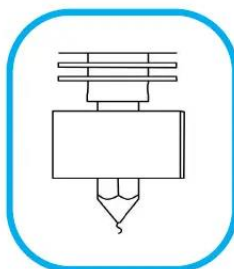
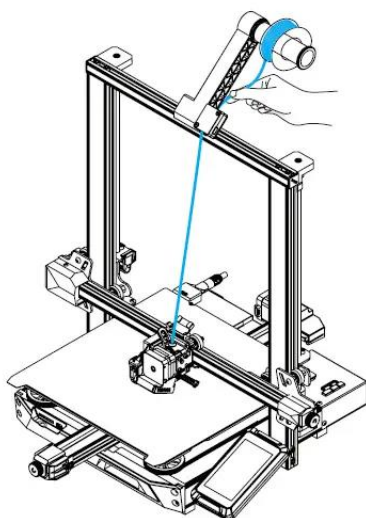
2. Поверніть ручку в нижній частині платформи для друку та перемістіть сопло до чотирьох кутів друкарської платформи так, щоб проміжок між соплом і друкарською платформою становив майже товщину аркуша паперу A4 (0.08–0.1 мм). Переконайтеся, що всі чотири кути вирівняні.
- 3.



		<p style="text-align: center;">❌</p> <p>The nozzle is too far away from the platform, and the filaments cannot stick to the platform.</p>
		<p style="text-align: center;">✅</p> <p>The filament is evenly extruded and sticks to the platform just right.</p>
		<p style="text-align: center;">⚠️</p> <p>The nozzle is too close to the platform, and the filament is not extruded enough, which may damage the platform.</p>

## Завантаження нитки

- Щоб успішно завантажити нитку, обріжте кінець нитки під кутом 45 градусів.
- Натискайте на нитку, доки вона не пройде через отвір для виявлення нитки. Потім натисніть і утримуйте ручку екструдера, щоб вставити нитку в отвір екструдера, поки вона не досягне сопла.
- Розігрійте насадку. Якщо нитка розжарення витікає з сопла, коли температура досягає цільового значення, нитка розжарення завантажена належним чином.



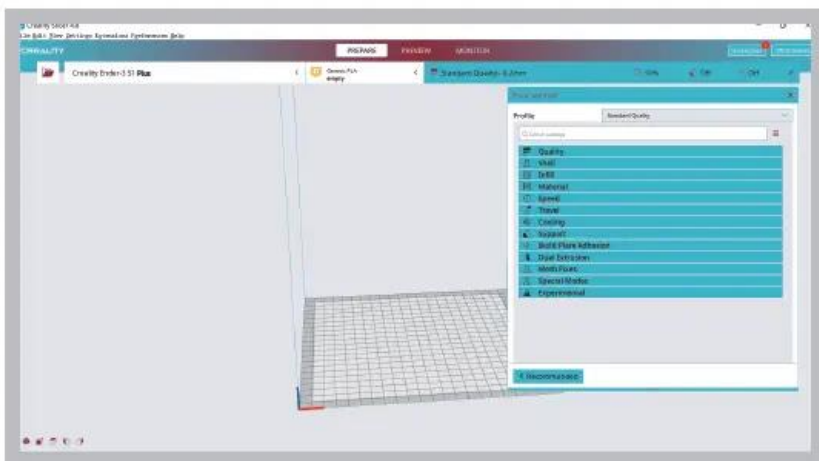
## Заміна нитки розжарення

- Нагрійте насадку до 185 °C або вище, зачекайте, поки нитка в насадці розм'якшиться. Потім натисніть і утримуйте екструзійну ручку, щоб швидко витягнути нитку, щоб запобігти її засміченню під час розриву тепла.
- Покладіть нову нитку на решітку та повторіть кроки, описані в Розділі 8: Завантаження нитки.
- Призупинити друк. Після зупинки принтера натисніть і утримуйте екструзійну ручку та швидко витягніть нитку, щоб запобігти її засміченню під час перегріву. ● Покладіть нову нитку на підставку та протягніть її через детектор нитки. Натисніть і утримуйте екструзійну ручку, щоб вставити нитку в насадку. Потім натисніть на нитку, щоб видавити залишки нитки в соплі, і очистіть сопло, перш ніж продовжити друк.

## Перший друк



1. Увійдіть на офіціаль вебсайт для завантаження ([www.creality.com](http://www.creality.com)) або знайдіть програмне забезпечення Creality на картці пам'яті та встановіть його.



2. Послідовно виберіть Параметри → Налаштувати Creality Далі → Виберіть відповідну мову → Далі → Готово, щоб завершити налаштування.

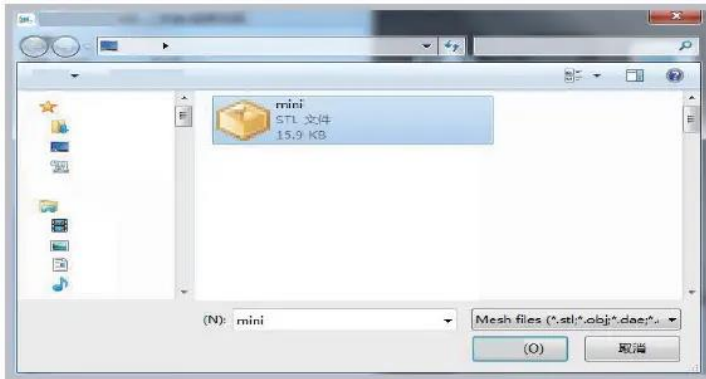




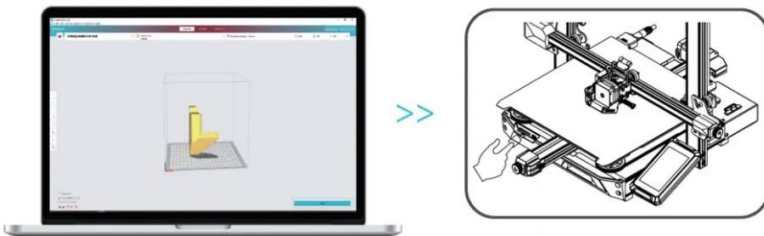
3. Виберіть принтер (Ender-3 S1 Plus)
4. Введіть відповідні параметри → Закрити



5. Відкрийте файл завантаження Creaform Slicer



6. Виберіть файл



7. Згенерувати G-код → Зберегти на карту пам'яті
8. Вставте картку пам'яті → Виберіть «Друк» → Виберіть файл для друку → Виберіть «Почати друк». Важливо зауважити, що ім'я файлу на карті пам'яті має бути латинськими літерами або цифрами. Принтер не може відобразити китайські символи чи інші спеціальні символи. Нагадування: будь ласка, зверніться до посібника користувача на картці пам'яті, що входить до комплекту постачання, щоб отримати інструкції щодо використання програмного забезпечення.

## Примітки

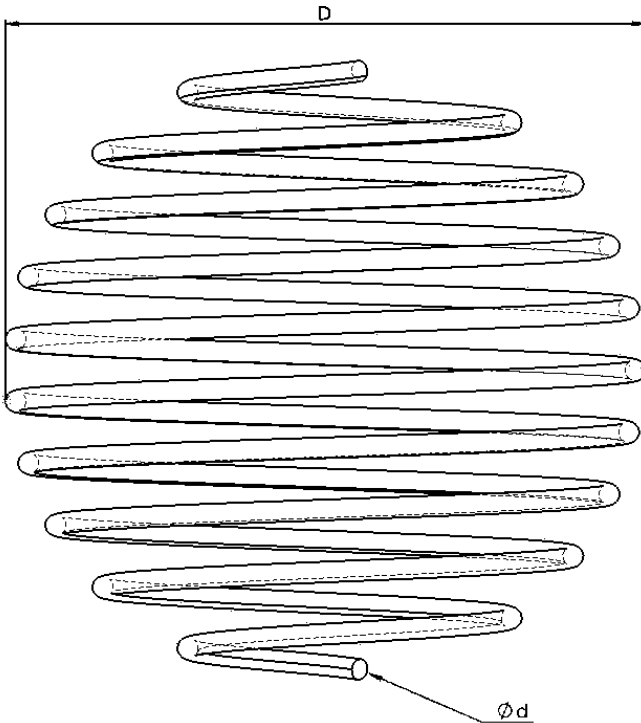
1. Не використовуйте принтер будь-яким іншим способом, крім описаного в цьому документі, щоб уникнути травм чи пошкодження майна.
2. Не розміщуйте принтер поблизу будь-яких джерел тепла або легкозаймистих або вибухонебезпечних предметів. Ми рекомендуємо розмістити його в добре провітрюваному місці з низьким вмістом пилу.
3. Не піддавайте принтер сильним вібраціям або будь-якому нестабільному середовищу, оскільки це може призвести до погіршення якості друку.
4. Перед використанням експериментальних або екзотичних ниток ми пропонуємо використовувати стандартні нитки, такі як ABS або PLA, для калібрування та тестування машини.
5. Не торкайтеся сопла або поверхні друку під час роботи, оскільки вони можуть бути гарячими. Тримайте руки подалі від машини під час використання, щоб уникнути опіків або травм.
6. Під час очищення гарячої частини принтера від сміття завжди використовуйте надані інструменти. Не торкайтеся безпосередньо сопла під час нагрівання. Це може призвести до травм.
7. Частіше чистіть принтер. Завжди вимикайте живлення під час чищення та протирайте сухою тканиною, щоб видалити пил, налиплий друкований пластик або будь-який інший матеріал з рами, напрямних рейок або коліс. Використовуйте скло
8. засіб для чищення або ізопропіловий спирт для очищення поверхні друку перед кожним друком для стабільних результатів.
9. Ця машина оснащена механізмом захисту безпеки. Не переміщуйте вручну сопло та механізм друкарської платформи під час завантаження, інакше пристрій автоматично вимкнеться з міркувань безпеки.
10. Користувачі повинні дотримуватися законів і правил відповідних країн і регіонів, де розташоване (використовується) обладнання, дотримуватися професійної етики, звертати увагу на зобов'язання щодо безпеки та суворо забороняти використання наших продуктів або обладнання в будь-яких незаконних цілях. Creality не несе відповідальності за юридичну відповідальність будь-яких порушників за будь-яких обставин.

## Практичне заняття №2

### Побудова 3D-моделі деталі типу «Кулькоподібна пружина»

#### Хід роботи

1. Ознайомитись з методом створення 3D-моделей пружин сти-ску за посиланням: <https://www.youtube.com/watch?v=T7EIBAunS6A>
2. Побудувати 3D-моделі деталі типу «Кулькоподібна пружина» (рис.1) за варіантом, який відповідає порядковому номеру у наведеній таблиці 2.1.



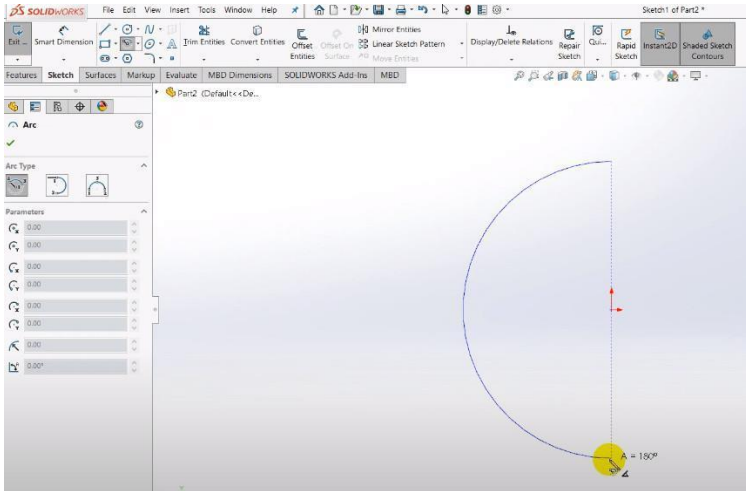
Таблиця 2.1.

<b>Варіант</b>	<b>Габаритний розмір D, мм</b>	<b>Діаметр прутка d, мм</b>
1	310	21
2	298	19,5
3	296	19
4	294	18,5
5	292	18
6	290	17,5
7	288	17
8	286	16,5
9	284	16
10	282	15,5
11	280	15
12	278	14,5
13	276	14
14	274	13,5
15	272	13
16	270	12,5
17	268	12
18	266	11,5
19	264	11
20	262	10,5
21	260	10
22	258	9,5
23	256	9
24	254	8,5
25	252	8

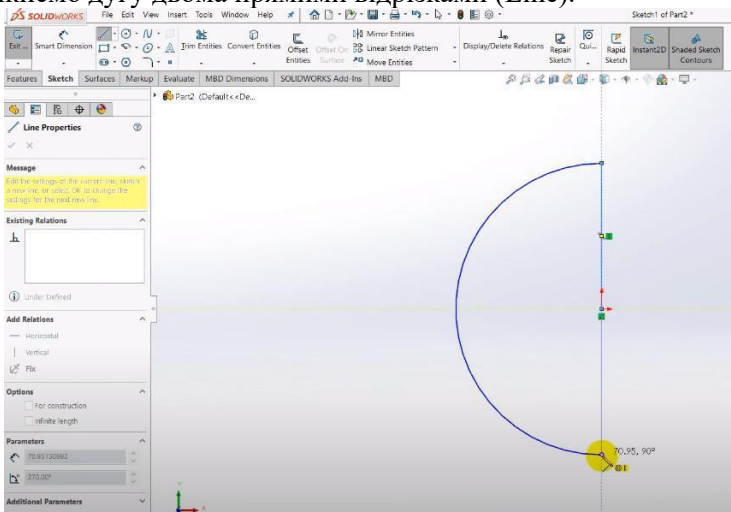
## Приклад

Побудуємо кулькоподібну пружину стиску с наступними параметрами:  $D=300$  мм,  $d=10$  мм.

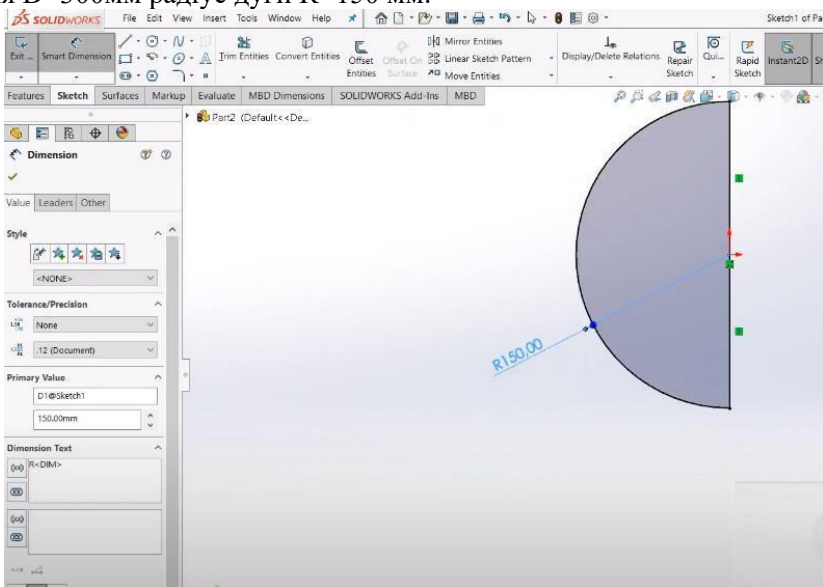
Створимо у фронтальній площині (Front plane) ескіз 1 (Sketch 1).  
1). Побудуємо дугу (Arc) з початку координат.



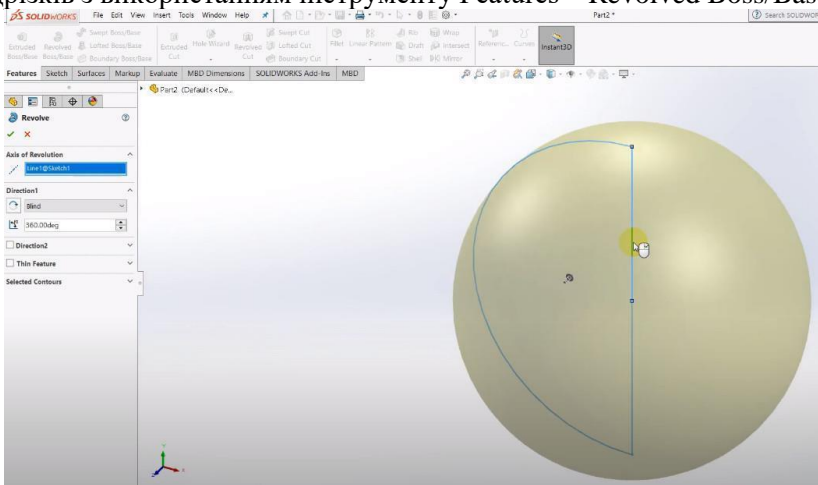
Замкнемо дугу двома прямими відрізками (Line).



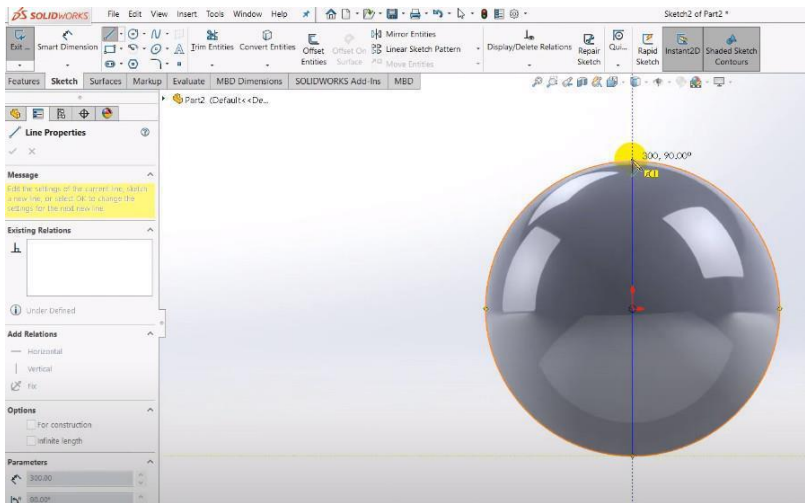
Визначимо радіус дуги як половину габаритного розміру  $R=D/2$ .  
Для  $D=300\text{мм}$  радіус дуги  $R=150\text{ мм}$ .



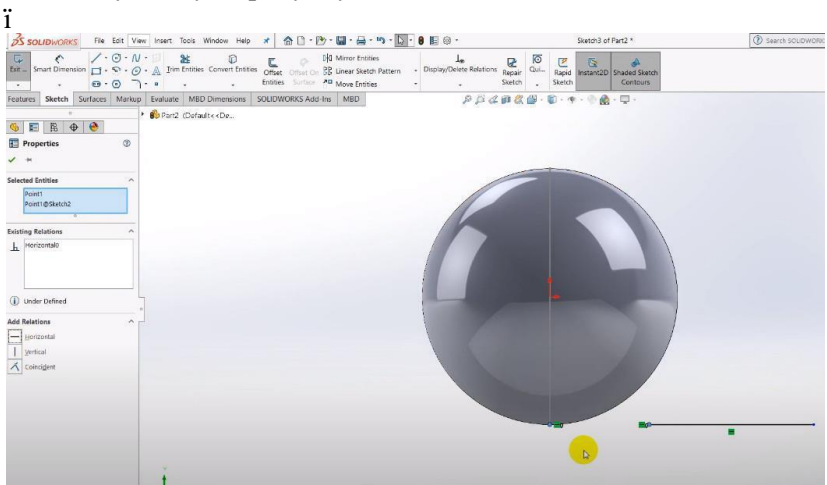
Виконаємо обертання ескізу 1 (Sketch 1) навколо одного із прямих відрізків з використанням інструменту Features – Revolved Boss/Base



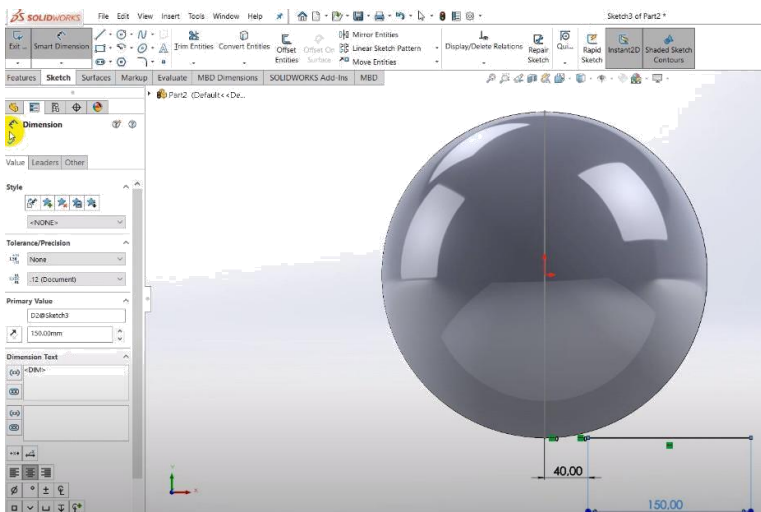
Побудуємо ескіз 2 (Sketch 2), в якому проведемо вертикальний відрізок (Line) через центр кола і контур кулі як показано на наступному рисунку.



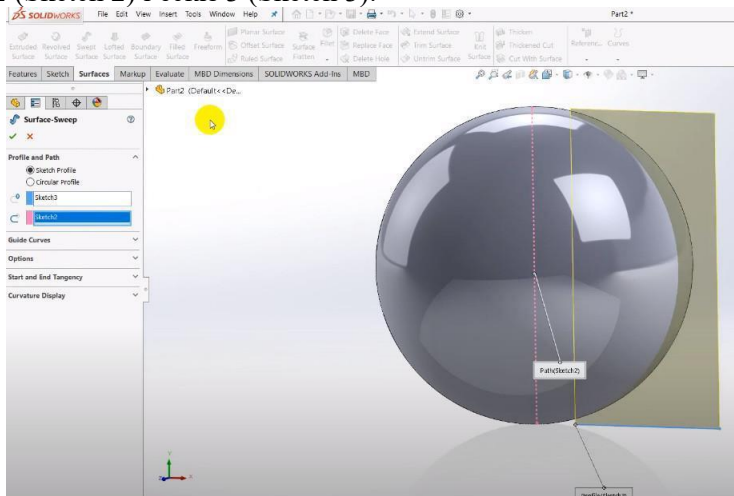
Побудуємо ескіз 3 (Sketch 3), в якому проведемо горизонтальний відрізок (Line) як показано на наступному рисунку.



Визначимо на ескізі 3 (Sketch 3) за допомогою функції Smart Dimensions відповідні розміри як показано на наступному рисунку. Довжина горизонтального відрізка повинна бути в горизонтальному напрямку більша за габарит кулі.

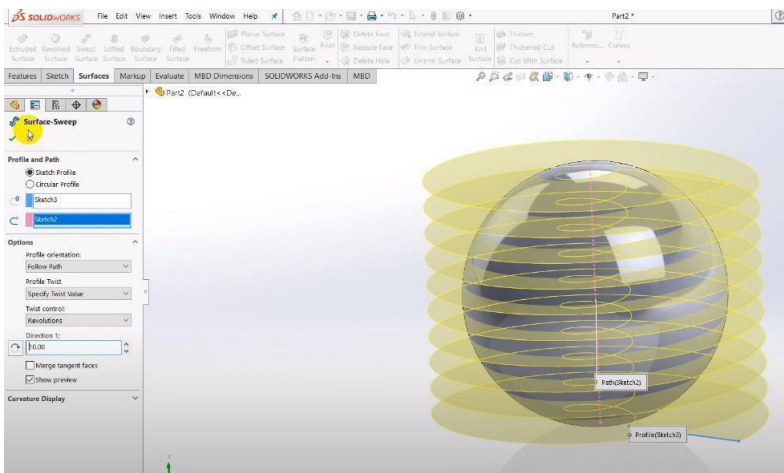


Використаємо панель інструментів Поверхні (Surfaces) і команду Поверхня по траєкторії (Swept Surface). Оберемо в налаштуваннях ескіз 2 (Sketch 2) і ескіз 3 (Sketch 3).

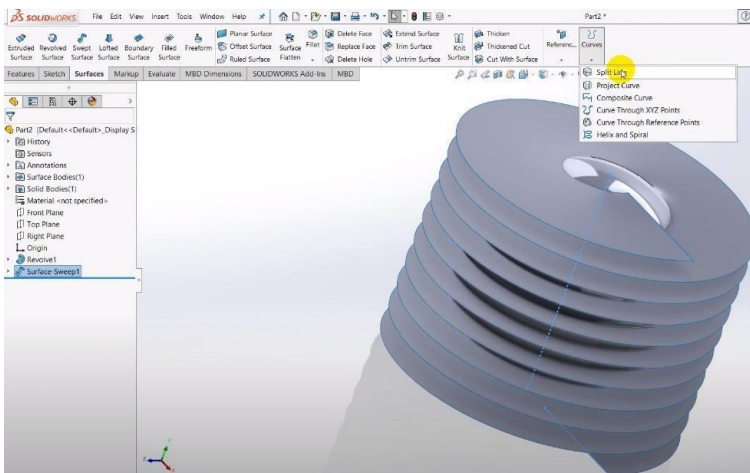




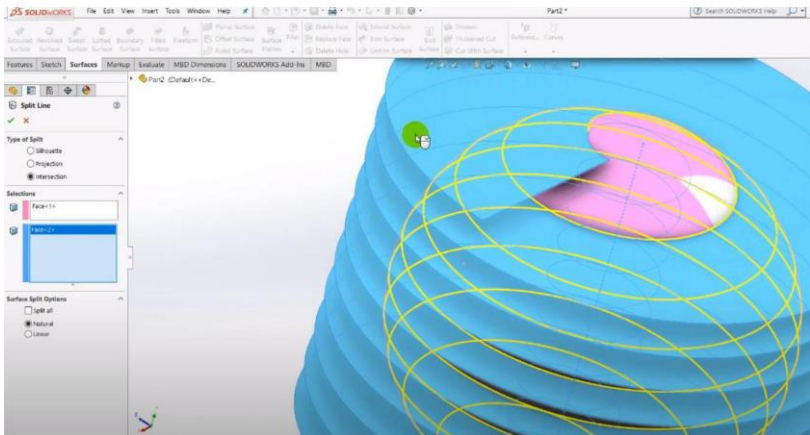
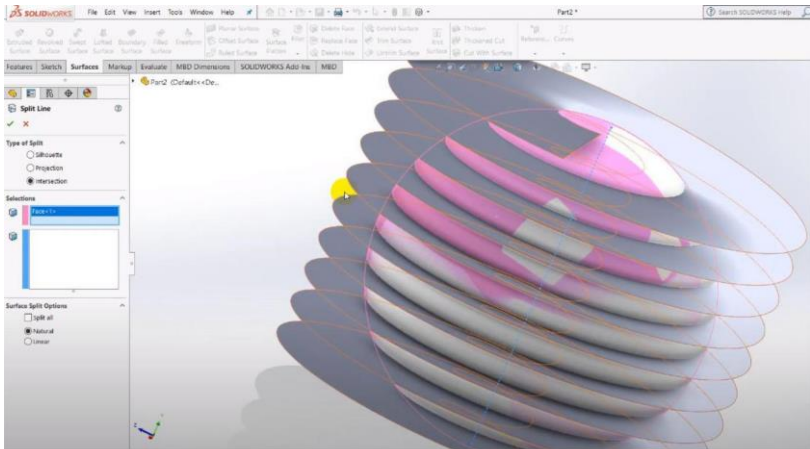
В налаштуваннях (Options) оберемо Profile Orientation --> Follow Path, Profile Twist --> Specify Twist Value, Twist Control --> Revolutions, Direction 1 --> 10 обертів.



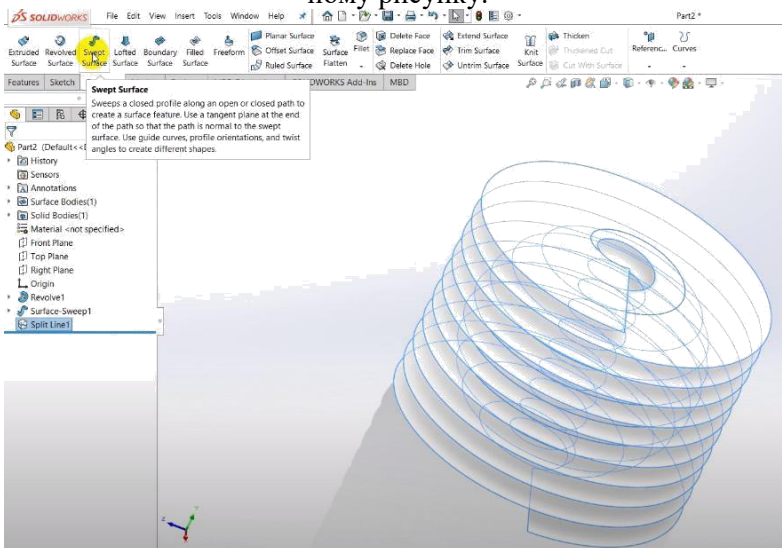
Отримаємо скручену на 10 обертів відносно кулі площину



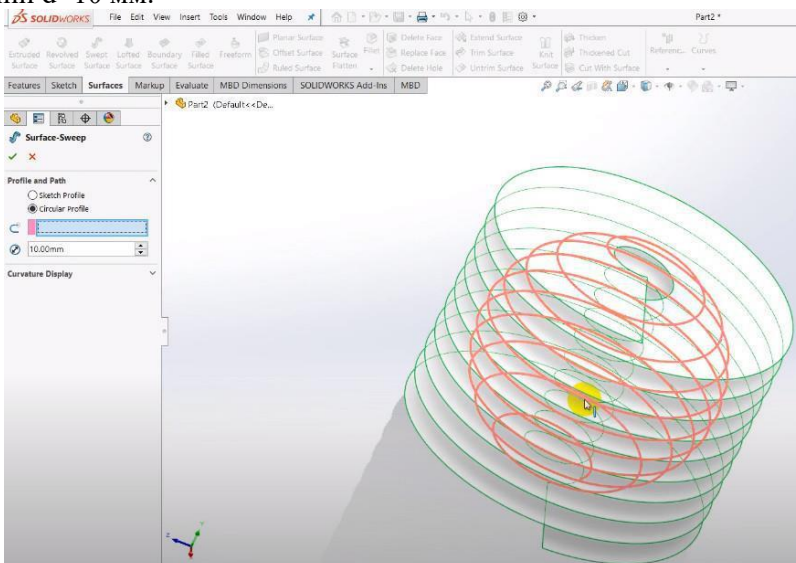
Спроекуємо побудовану скручену площину на кулю за допомогою інструменту Features-->Curves-->Split line. Оберемо в налаштуваннях Projection і поверхні як показано на наступному рисунку.



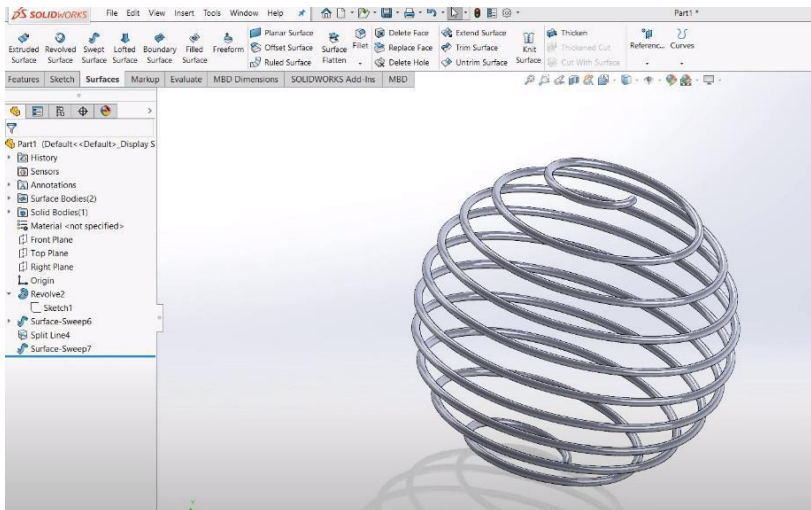
Отримаємо форму кулькоподібної спіралі як показано на наступному рисунку.



Використаємо інструмент Surfaces-->Swept Surface. В налаштуваннях оберемо Circular Profile. Встановимо діаметр проволочки пружини  $d=10$  мм.



Скриємо всі непотрібні елементи з дерева моделі. Фінальне зображення 3D-моделі з визначеними початковими параметрами виглядає наступним чином.



Збережемо файл 3D-моделі на диск.

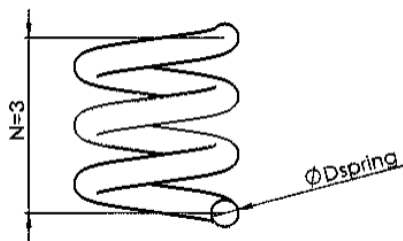
## Практичне заняття №3

### Побудова 3D-моделі деталі типу «Пружина»

#### Хід роботи

Ознайомитись з методом створення 3D-моделей пружин стиску за посиланням. <https://www.youtube.com/watch?v=iNISi7-SHgs>

Побудувати 3D-моделі деталі типу «Пружина» (рис) за варіантом, який відповідає порядковому номеру у наведеній таблиці 3.1.



Таблиця 3.1

Варіант	Кількість витків Пружини N	Діаметр прутка $D_{spring}$ , мм
1	4	2
2	5	2.5
3	6	3
4	7	3.5
5	8	4.5
6	9	5
7	10	2.25
8	11	2.75
9	12	3.25
10	13	3.75
11	4	4.5
12	5	5
13	6	2.25
14	7	2.75
15	8	3.25
16	9	3.75
17	10	2
18	11	2.5
19	12	3
20	13	3.5
21	4	4.5
22	5	5
23	6	3
24	7	4
25	8	4

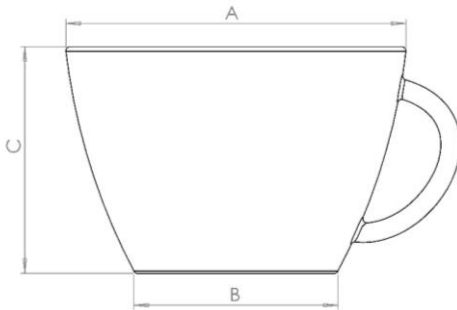
## Практичне заняття №4

### Побудова 3D-моделі деталі за габаритними розмірами

#### Хід роботи

Обрати габаритні розміри 3D-моделі (рис.) за варіантом, який відповідає порядковому номеру у наведеній таблиці 3.01.

Побудувати 3D-модель за відео-інструкцією відповідно до варіанта. <https://www.youtube.com/watch?v=Wxfk6bB0Y-k>



Таблиця 4.1.

<b>Варіант</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
1	160	107	45
2	159	106	44
3	158	105	43
4	157	104	42
5	156	103	41
6	155	102	40
7	154	101	39
8	153	100	38
9	152	99	37
10	151	98	36
11	150	97	35
12	149	96	34
13	148	95	33
14	147	94	32
15	146	93	31
16	145	94	32
17	144	95	32
18	143	96	33
19	142	97	34
20	141	98	35
21	140	99	36
22	139	100	37
23	138	101	38
24	137	102	39
25	136	103	40
26	135	104	41
27	134	105	42
28	133	106	43
29	132	107	44
30	131	108	45

## Практичне заняття №5

### Побудова 3D-моделі деталі типу «Молоток»

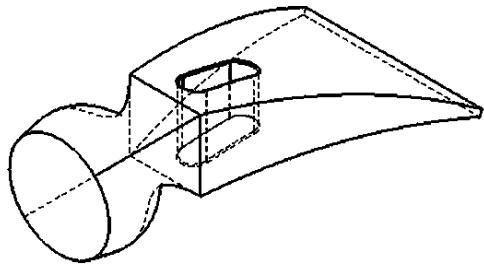
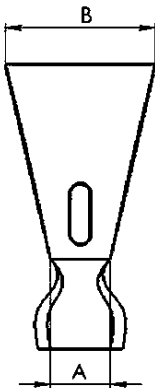
#### Хід роботи

Ознайомитись з методом створення 3D-моделі деталі типу «Молоток» за посиланням: <https://youtu.be/SN5Opn-P6Zc>  
Побудувати 3D-моделі деталі типу «Молоток» (рис.)



Обрати параметри - ширину  $A$  і ширину  $B$ , які показані на рис. 2 за варіантом, який відповідає порядковому номеру у наведеній таблиці 5.1.

Прийняти до уваги, що ширина  $A$  – сторона квадрата Ескізу 1 (Sketch 1) в Front Plane (фронтальній площині),  $B$  – довжина сторони прямокутника в Ескізі 5 (Sketch 5) площині Plane 4.





Таблиця 5.1.

<b>Варіант</b>	<b>Ширина А, мм</b>	<b>Довжина В, мм</b>
1	55	145
2	55.5	145.5
3	56	146
4	56.5	146.5
5	57	147
6	57.5	147.5
7	58	148
8	58.5	148.5
9	59	149
10	59.5	149.5
11	60	150
12	60.5	150.5
13	61	151
14	60.5	151.5
15	60	152
16	59.5	152.5
17	59	153
18	58.5	153.5
19	58	154
20	57.5	153.5
21	57	153
22	56.5	152.5
23	56	152
24	55.5	151.5
25	55	151

## Інформаційні джерела

1. Громов О. А. Адитивні технології виробництва (3D-друк). Освітній портал Державного університету «Житомирська політехніка». URL: <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=3049> .
2. Посібник користувача 3D-принтера Ender-1 S3 Plus. <https://uk.manuals.plus/ender/ender-3-s1-plus-3d-printer-manual>
3. Адитивні технології : навч. посіб. / Т. Р. Ганєєв, І. О. Прибитько, М. М. Руденко, І. О. Петренко. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. 105 с.
4. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. Вінниця : ВНТУ, 2021. 105 с. ISBN 978-966-641-824-4