

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи

Рекомендовано Вченою радою НН ІМЗ ім. Є. О. Патона
для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою
«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»
спеціальності G9 «Прикладна механіка»

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2026

УДК 621.791.01

A30

Укладачі: *Мінаков Сергій Миколайович*, к.т.н, доцент
Мінаков Антон Сергійович, к.т.н.
Лагодзінський Іван Миколайович, PhD
Степанов Денис Володимирович, к.т.н.

Рецензент: *Охрименко Олександр Анатолійович*, д.т.н., професор, завідувач
кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Відповідальний редактор: *Чорний Андрій Вячеславович*, канд. техн. наук, доцент

Рекомендовано Вченою радою НН ІМЗ ім. Є. О. Патона
(протокол № 07/26 від 29 червня 2025 р.)

A30 Адитивні технології. Рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи
[Електронний ресурс] / С.М. Мінаков та ін.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон.
текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 30 с.

В даному посібнику викладено матеріали для виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Адитивні технології», в якому приділено увагу набуття навичок: пошуку та аналізу інформації у мережі internet відповідно за темами дисципліни «Адитивні технології»; складанню звіту про знайдену інформацію за ДСТУ 3008:2015.

Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» за спеціальністю G9 Прикладна механіка, а також може бути корисним для інших споріднених спеціальностей.

УДК 621.791.01

Реєстр № НП ІМЗ 25/26-01, 0,5 авт. арк. Обсяг 0,5 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Проспект Перемоги, 37, м Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідectво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ВИБІР ТА ЗАТВЕРДЖЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ РГР	5
2. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗДАЧІ РГР	6
3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА РГР	7
3.1. Загальні вимоги до структурних елементів РГР	7
3.2. Індивідуальне завдання	7
3.3. Проектування напрямків переміщення пальника та відповідних кадрів керуючої програми	7
3.4. Розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника	8
3.5. Керуюча програма для одношарового наплавлення контуру.....	8
3.6. Керуюча програма для одношарового наплавлення контуру.....	8
4. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РГР	9
4.1. Проектування напрямків переміщення пальника та відповідних кадрів керуючої програми	9
4.2. Розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника	11
4.3. Розробка керуючої програми для одношарового наплавлення контуру	12
4.4. Розробка керуючої програми для багатошарового наплавлення контуру	12
5. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ.....	17
5.1. Загальні вимоги	17
5.2. Ілюстрації	17
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	18
Додаток А. Зразок оформлення титульної сторінки.....	19
Додаток Б. Підготовчі функції (G-коди)	20
Додаток В. Допоміжні функції (M-коди)	23
Додаток Г. Варіанти завдань до виконання розрахунково-графічної роботи	24

ВСТУП

Мета розрахунково-графічної роботи (РГР) – поглиблення знань отриманих на лекціях та умінь отриманих на лабораторних роботах з дисципліни «Адитивні технології», а саме складання програмного коду для 3D-принтерів, верстатів для багатошарового наплавлення технологіями зварювання.

Студенти мають проявити свої знання по багатошаровому наплавленню, вмінню складати G-код для управління засобами адитивного виробництва.

Робота над виконанням РГР сприяє розвитку знань багатошарового наплавлення, навичок управління засобами адитивного виробництва, формуванню умінь складання програмного коду.

1. ВИБІР ТА ЗАТВЕРДЖЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ РГР

Тему РГР вибирає студент самостійно відповідно до індивідуальних завдань РГР (Див. Додаток Г). Індивідуальне завдання вибирається згідно номеру студента по списку групи або за вказівкою викладача.

Зміна завдання допускається лише у виняткових випадках. Студент зобов'язаний у терміновому порядку, письмово довести до відома про це (з докладним викладом причин) керівника роботи і голову методичного відділу кафедри. Тільки після затвердження відповідних змін можна приступити до виконання нового завдання.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗДАЧІ РГР

Оформлена РГР подається керівникові. Керівник перевіряє РГР на додержання вимог цього посібника. У разі необхідності повертає студентові для доопрацювання. Після перегляду і схвалення роботи керівник підписує її і виставляє відповідну до РСО кількість балів.

Студенти, що не здали роботу до початку чергової екзаменаційної сесії вважаються такими, що мають академічну заборгованість і не допускаються до чергової екзаменаційної сесії.

3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА РГР

3.1. Загальні вимоги до структурних елементів РГР

Розрахунково-графічна робота повинна включати такі структурні елементи:

- 1) титульний аркуш;
- 2) індивідуальне завдання;
- 3) проектування напрямків переміщення пальника та відповідних кадрів керуючої програми;
- 4) розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника;
- 5) керуючу програму для одношарового наплавлення контуру;
- 6) керуючу програму для багат шарового наплавлення контуру.

Титульний аркуш є першою сторінкою роботи (Додаток А). Він містить дані, які подають у такій послідовності:

- повна назва навчального закладу;
- вид роботи (РГР);
- тема роботи;
- дані про виконавця роботи;
- дані про викладача (керівника);
- місто;
- рік виконання.

3.2. Індивідуальне завдання

Індивідуальне завдання розміщується на окремому аркуші максимально великого розміру.

3.3. Проектування напрямків переміщення пальника та відповідних кадрів керуючої програми

Проектування напрямків переміщення пальника вказуються на

рисунку індивідуального завдання на наступному аркуші.

Проектування кадрів керуючої програми проводиться у вигляді стовпчику кадрів із зазначенням, що саме в кожному кадрі планується зробити.

3.4. Розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника

Розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника та напрямки переміщення пальника проводиться відповідно до переліку раніше розроблених кадрів.

3.5. Керуюча програма для одношарового наплавлення контуру

Керуюча програма для одношарового наплавлення контуру повинна містити G-коди для наплавлення одного шару контуру відповідно до індивідуального завдання.

3.6. Керуюча програма для багат шарового наплавлення контуру

Керуюча програма для багат шарового наплавлення контуру повинна містити G-коди для наплавлення 8 шарів контуру відповідно до індивідуального завдання.

4. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РГР

4.1. Проектування напрямків переміщення пальника та відповідних кадрів керуючої програми

Для початку треба визначити координати точок зміни напрямку руху пальника. Початок координат на рисунку індивідуального завдання вказано на перехресті осі X (червона вісь) та осі Y (зелена вісь) знаком, який має в середині чорне коло, а зовні сіре коло (рис. 4.1).

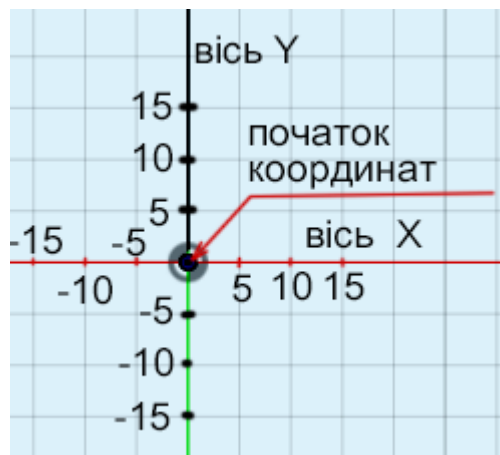


Рис. 4.1. Початок координат

Відповідно координати на осі X розташовані праворуч від початку координат мають знак «+», а розташовані ліворуч від початку координат мають знак «-». Так само координати на осі Y розташовані вище від початку координат мають знак «+», а розташовані нижче від початку координат мають знак «-».

Для прикладу виконання завдання розглянуто індивідуальне завдання на рисунку 4.2.

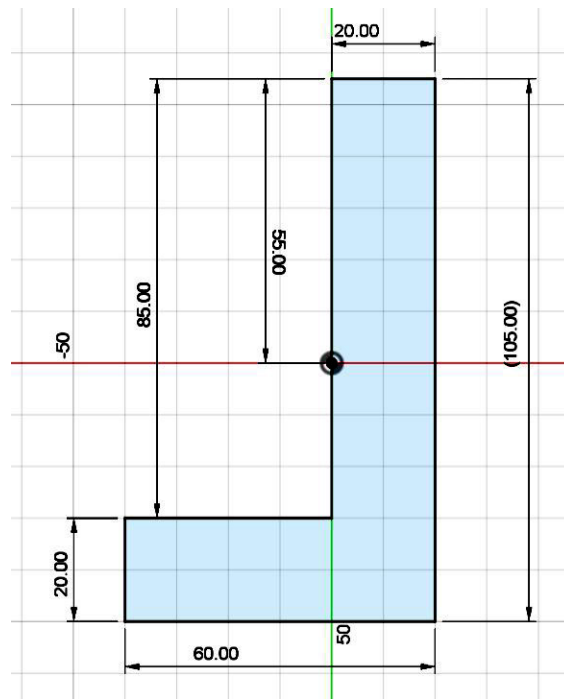


Рис. 4.2. Приклад індивідуального завдання

Пошук координат точок зміни напрямку руху пальника. Для цього графічно позначаються та нумеруються вузлові точки у місцях зміни траєкторії напрямку прямих чи кривих ескізу (рис. 4.3). Загалом, ескіз складається з 6 точок із номерами від 1 до 6.

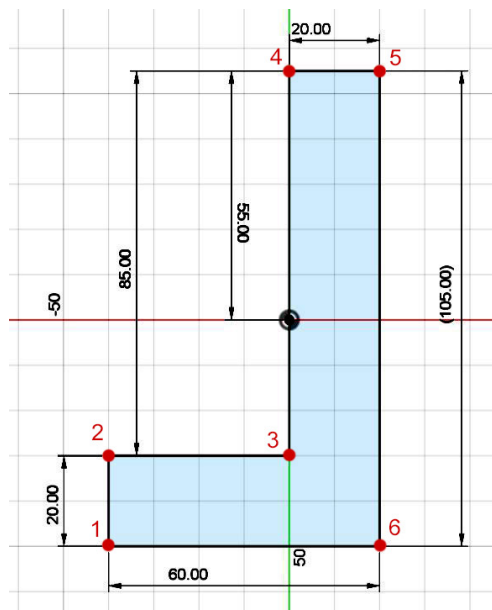


Рис. 4.3. Точки зміни напрямку руху пальника

4.2. Розрахунок координат точок зміни напрямку переміщення пальника

Для початку, визначаються координати точок зміни напрямку руху пальника за рисунком 4.2. Координати точок наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Координати кінцевих точок точок

Номер точки	Координати
1	X-40 Y-50
2	X-40 Y-30
3	X0 Y-30
4	X0 Y55
5	X20 Y55
6	X20 Y-50

Наступним кроком обирається порядок руху пальника послідовно до кожної точки та позначаються вектори напрямку руху (рис. 4.4).

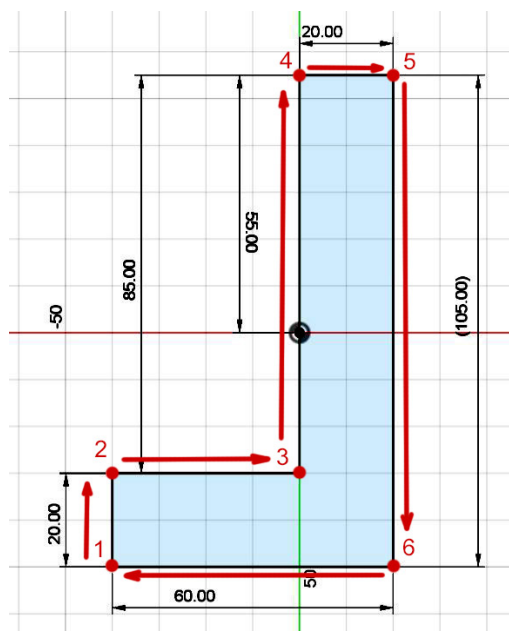


Рис. 4.4. Рух пальника по точкам зміни напрямку руху

4.3. Розробка керуючої програми для одношарового наплавлення контуру

Послідовність складання кадрів програми наплавлення першого шару базується на визначених кінцевих точках траєкторії руху пальника (табл. 4.1). Розшифровки основних команд G-кодів наведено у додатку Б.

Приклад складання G-коду для заданої траєкторії (рис. 4.4), швидкість переміщення пальника – 50 мм/хв:

1. G00 X40 Y50 (на неробочому ході встановлюємо пальник у точку 1);
2. G01 X40 Y30 F50 (лінійне наплавлення із точки 1 у точку 2);
3. G01 X0 Y30 (лінійне наплавлення із точки 2 у точку 3);
4. G01 X0 Y55 (лінійне наплавлення із точки 3 у точку 4);
5. G01 X20 Y55 (лінійне наплавлення із точки 4 у точку 5);
6. G01 X20 Y50 (лінійне наплавлення із точки 5 у точку 6);
7. G01 X40 Y50 (лінійне наплавлення із точки 6 у точку 1).

4.4. Розробка керуючої програми для багат шарового наплавлення контуру

Побудова виробу з використанням WAAM технологій, базується на принципі пошарового наплавлення валиків присадного матеріалу. Як і будь який процес наплавлення з використанням суцільного дроту, при пошаровому вирощуванні з'являються проблеми пов'язані із рівномірністю формоутворення наплавлених шарів. WAAM процес схожий із процесом одношарового дугового наплавлення, що виконується безліч разів на попередньо наплавлений валик. Саме наступне вирощування на попередньо наплавлених шарах матеріалу викликає основні проблеми при досягненні необхідної геометричної точності кінцевого виробу [4].

Найбільш проблемними місцями при дуговому наплавленні є початок сформованого валика (зона підпалу дуги) та кінець валика (зона вимкнення джерела живлення та утворення зварювального кратера). При виготовленні

адитивним способом, в залежності від конфігурації виробу, можливе використання постійних зупинок та відновлення процесу наплавлення для виконання кінцевих елементів (без замкненого контуру) або витримки термічного циклу. Саме в цих місцях виникає найбільша кількість дефектів та порушень геометрії наплавленого виробу [4].

Особливої уваги заслуговують проблеми, що виникають при пошаровій побудові виробів замкненого профілю (циліндричні вироби, вироби складної форми замкненої конфігурації) [5].

При побудові відносно великих та об'ємних виробів замкненого профілю, зазвичай не виникає проблем наплавлення наступних шарів зі стабільною висотою валика. Часу необхідного для проходження пальника від старту та повернення у вихідне положення, зазвичай, вистачає для достатнього охолодження попереднього шару у даній точці та підтримку сталого термічного циклу [5].

Важливо прийняти до уваги, що перший шар наплавляється на холодну основу. Другий шар наплавляється на вже трохи нагрітий перший шар. Третій – відповідно на більш нагрітий шар. Четвертий на нагрітий третій шар. Після четвертого шару наступає квазістаціонарний тепловий стан (скільки тепла вводиться – стільки його і випромінюється у простір та передається через теплопровідність у нижні шари). Для отримання заданої геометрії валика можна варіювати параметрами: силою струму, напругою, швидкістю наплавлення.

В рамках даної РГР керування тепловкладенням буде відбуватись за рахунок зміни швидкості наплавлення.

Наплавлення першого валику проводиться на швидкості 50 мм/хв, другого – 60 мм/хв, третього – 70 мм/хв; четвертого – 80 мм/хв, п'ятого та усіх наступних валиків надалі – 80 мм/хв.

Крім того необхідно уважно слідкувати за холостим переміщенням пальника задля уникнення його зіткнення з перешкодами. Для цього необхідно задати у G-кодi підйом пальника по осі Z на деяку висоту

(наприклад 10 мм), а лише потім переміщати пальник у вихідну точку (точку 1) (рис. 4.4).

Отже, перед початком наплавлення пальник переміщується у нульову точку по осі Z над основою на 10 мм (G00 X0 Y0 Z10), виставляється виліт електродного дроту. Далі, на цій же висоті по осі Z пальник переміщується у точку 1 (G00 X40 Y50 Z10).

У даній РГР вважаємо, що висота наплавленого валика на кожному шарі однакова і складає 2 мм (G00 X-40 Y-50 Z10).

Опускаємо пальник на висоту першого шару – 2 мм (G00 X-40 Y-50 Z2).

Тепер ми готові скласти керуючу програму для необхідної кількості шарів наплавлення. У даній РГР кількість шарів становить 6.

На початку керуючої програми необхідно вибрати систему координат, площину роботи та одиниці виміру. Для цього спочатку вводиться блок ініціалізації, який позначається командами – G21 G17 G54 G90:

- G21 (міліметри);
- G17 (площина XY);
- G54 (вибір системи координат);
- G90 (Задання абсолютних координат опорних точок траєкторії);
- G00 X0 Y0 Z10 (переміщення в початок координат на висоті 10 мм).

Включення наплавлення подається кодом M03, виключення – M05.

Приклад G – коду керуючої програми для багатошарового наплавлення:

1. N01 G21 G17 G54 G90 (рядок ініціалізації)
2. N02 G00 X0 Y0 Z10 (переміщення в початок координат на висоті 10 мм)
3. N03 G00 Z0 M03 (опускання пальника та включення наплавлення)
4. N04 G01X-40 Y-50 F50 (початок наплавлення 1 шару)
5. N05 G01 X0 Y-30
6. N06 G01 X0 Y55

7. N07 G01 X20 Y55
8. N08 G01 X20 Y-50
9. N09 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення першого шару)
10. N10 G00 Z2 (підняття пальника на 2 мм над першим шаром)
11. N11 G01X-40 Y-50 F60 (початок наплавлення 2 шару)
12. N12 G01 X0 Y-30
13. N13 G01 X0 Y55
14. N14 G01 X20 Y55
15. N15 G01 X20 Y-50
16. N16 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення 2 шару)
17. N17 G00 Z4 (підняття пальника на 2 мм над 2 шаром)
18. N18 G01X-40 Y-50 F70 (початок наплавлення 3 шару)
19. N20 G01 X0 Y-30
20. N21 G01 X0 Y55
21. N22 G01 X20 Y55
22. N23 G01 X20 Y-50
23. N24 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення 3 шару)
24. N17 G00 Z6 (підняття пальника на 2 мм над 3 шаром)
25. N18 G01X-40 Y-50 F80 (початок наплавлення 4 шару)
26. N19 G01 X0 Y-30
27. N20 G01 X0 Y55
28. N21 G01 X20 Y55
29. N22 G01 X20 Y-50
30. N23 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення 4 шару)
31. N24 G00 Z8 (підняття пальника на 2 мм над 4 шаром)
32. N25 G01X-40 Y-50 F80 (початок наплавлення 5 шару)
33. N26 G01 X0 Y-30
34. N27 G01 X0 Y55
35. N28 G01 X20 Y55
36. N29 G01 X20 Y-50

- 37. N30 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення 5 шару)
- 38. N31 G00 Z10 (підняття пальника на 2 мм над 5 шаром)
- 39. N32 G01X-40 Y-50 F80 (початок наплавлення 6 шару)
- 40. N33 G01 X0 Y-30
- 41. N34 G01 X0 Y55
- 42. N35 G01 X20 Y55
- 43. N36 G01 X20 Y-50
- 44. N37 G01 X-40 Y-50 (кінець наплавлення 6 шару)
- 45. N38 M05 (вимкнення наплавлення)
- 46. N39 G00 Z20 (підняття пальника над наплавленими шарами)
- 47. N40 G00 X0 Y0 Z20 (переміщення в початок координат на висоті 20 мм)

5. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

5.1. Загальні вимоги

РГР оформляють на аркушах формату А4 (210 × 297 мм). Роботи виконують машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на одному боці аркуша білого паперу.

Кожна сторінка повинна мати поля: верхнє і нижнє – по 20 мм; праве – 10 мм; ліве – 30 мм. Шрифт чорного кольору. Відстань між рядками тексту 1,5 інтервалу, шрифт Times New Roman, розмір 14. Щільність тексту однакова по всій роботі.

5.2. Ілюстрації

Ілюстрації (кресленники, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати в роботі безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. / Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – [Електронний ресурс] / - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.
2. Методичні вказівки з лабораторних і практичних робіт до вивчення дисципліни «Основи професійної діяльності» Укл.: В.В. Джемелінський, О.Д. Кагляк, Д.А. Лесик – К., НТУУ «КПІ», 2011
3. Наплавлення та адитивні технології у зварювальному виробництві: підручник. В 11 т. /І. О. Рябцев, С. К. Фомічов, В. Д. Кузнецов, Є. П. Чвертко та ін. ; під ред. акад. Бориса Патона ; [пер. з англ.]. – Т. 2. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 312 с.
4. Thermo-Mechanical Modelling of Wire-Arc Additive Manufacturing (WAAM) of Semi-Finished Products. Metals 2018, 8(12), 1009; <https://doi.org/10.3390/met8121009>
5. Xiong, Jun, Li, Yanjiang, Li, Rong, Yin, Ziqiu, Influences of process parameters on surface roughness of multi-layer single-pass thin-walled parts in GMAW-based additive manufacturing. Journal of Materials Processing Technology. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.09.020>

Зразок оформлення титульної сторінки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства
та зварювання імені Є.О. Патона
кафедра зварювального виробництва

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни: АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Варіант: № варіанту

Виконав:

студент групи

Перевірив:

Київ 202_

Таблиця Б.1. Підготовчі функції (G-коди)

Позначення	Опис
G00	Лінійна інтерполяція при прискореному переміщені
G01	Лінійна інтерполяція з швидкістю подачі
G02	Кругова інтерполяція по годинниковій стрілці
G03	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки
G04	Зупинка з витримкою часу (свердління). Точна зупинка
G05	Кругова інтерполяція з виходом на кругову траєкторію по дотичній
G06	Зменшення допустимого рівня прискорення
G07	Відміна зменшення допустимого рівня прискорення
G08	Керування швидкістю подачі в точках перегину
G09	Відміна керування швидкістю подачі в точках перегину
G10	Введення таблиць даних інструменту координатної системи і робочих відступів
G11	Лінійна інтерполяція в полярних координатах
G12	Кругова інтерполяція по годинниковій стрілці в полярних координатах
G13	Кругова інтерполяція проти годинниковій стрілці в полярних координатах
G14	Можливість програмувати коефіцієнта підсилення по швидкості
G15	Вихід в полярний режим
G16	Вхід в полярний режим
G17	Вибір площини X_Y
G18	Вибір площини Z_X
G19	Вибір площини Y_Z
G20, 70	Використання дюймів
G21, 71	Використання міліметрів
G22	Активація осей
G23	Програмування умовного переходу
G24	Програмування безумовного переходу
G28	Повернення в початкове положення
G28.1	Калібровка осей
G30	Повернення в початкове положення
G31	Пряме дослідження

Продовження таблиці Б.1

G32	Нарізання різьби без компенсуючого патрона
G34	Округлення двох лінійних ділянок
G35	Відміна округлення двох лінійних ділянок
G36	Відновлення параметрів відхилення, які установлені в машинних параметрах
G37	Програмування координат полюса дзеркального відображення
G38	Активація дзеркального відображення, повороту, масштабування
G39	Відміна функції дзеркального відображення
G40	Компенсація радіуса інструмента
G41	Компенсація радіуса інструмента
G42	Компенсація радіуса інструмента
G43	Відступ довжини інструмента
G44	Відступ довжини інструмента
G49	Відступ довжини інструмента
G50, 51	Фактори шкали
G52	Часові відступи системи координат
G53	Відміна зміщення нуля (рух в абсолютних координатах)
G54...G59	Імітація зміщення нуля (вибір робочих відступів координатної системи)
G60	Зміщення контуру в межах координатної системи керуючої програми
G61	Введення режиму керування
G62	Відміна точного позиціонування
G63	Увімкнення 100% від запрограмованого значення швидкості
G64	Введення режиму керування
G65	Прив'язка швидкості подачі до центру фрези
G66	Активація значення швидкості, яка задана потенціометром
G67	Відміна зміщення контуру в координатній системі керуючої програми
G68, 69	Обертання координатної системи
G73	Свердління з високою швидкістю
G74	Вихід в початок координат
G75	Робота з датчиком дотику
G76	Переміщення в точку з абсолютними координатами в системі координат станка
G78	Активація свердлильної осі
G79	Деактивація однієї свердлильної осі або всіх відразу

Продовження таблиці Б.1

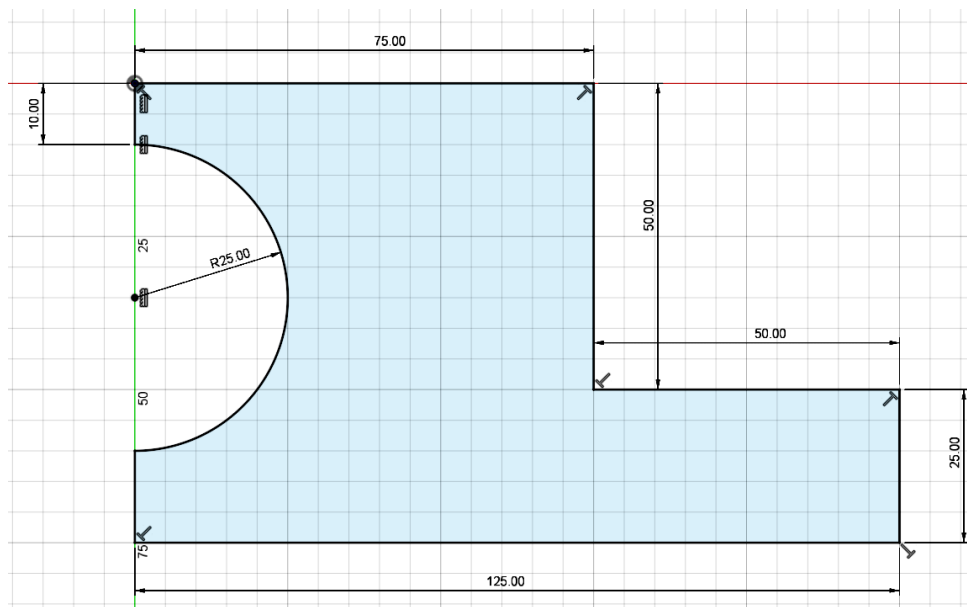
G80	Відміна роботи стандартних циклів (відміна модального руху)
G81	Цикл свердління і чистового розточування центра отвору
G82	Цикл свердління і чистового розточування
G83	Стандартний цикл глибокого свердління з періодичним виводом свердла із отвору
G84	Цикл нарізання різьби (з компенсуючим патроном (для правого обертання)) мітчиком
G85	Цикл свердління та розсвердлення
G86	Цикл свердління (розточування)
G87	Цикл для оберненого (реверсного) свердління
G88, 89	Цикл свердління (розточування)
G90	Програмування в абсолютних координатах
G91	Програмування в відносних координатах
G92	Зміщення даної системи координат або обмеження максимальної частоти обертання шпинделя
G93	Програмування часу обробки кадру
G94	Програмування подачі в мм/хв
G95	Програмування подачі в мм/об
G96	Функція постійної швидкості різання
G97	Функція постійної частоти обертання шпинделя
G98	Повернення до початкової точки в постійному циклі
G99	Повернення до точки R в постійному циклі

Таблиця В.1. Допоміжні функції (М-коди)

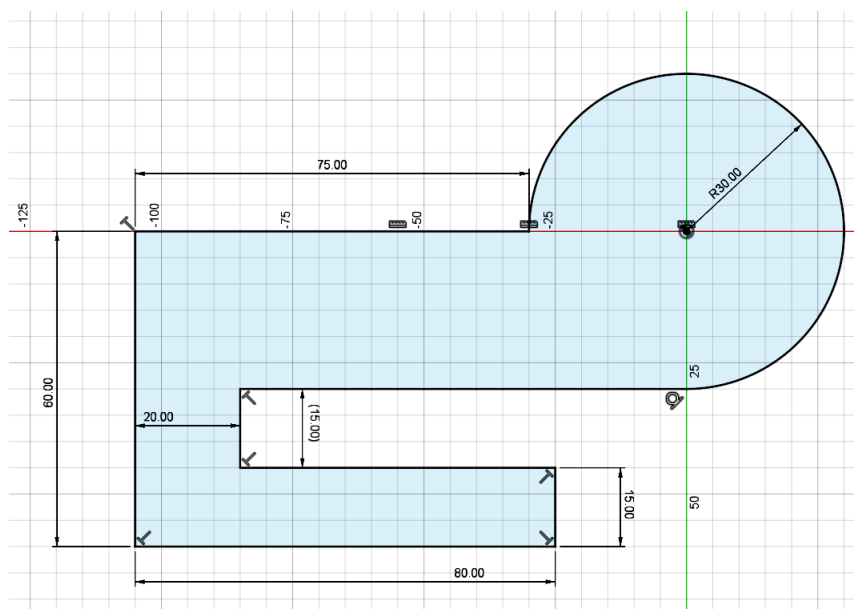
Позначення	Опис
M00	Програмуюча зупинка
M01	Зупинка за вимогою програми
M02	Зупинка КП, повернення робочих органів в вихідне положення
M03	Контроль шпинделя (рух шпинделя за годин. стрілкою/проти годн. стрілки)
M05	Зупинка шпинделя
M6	Зміна інструменту

Варіанти завдань до виконання розрахунково-графічної роботи

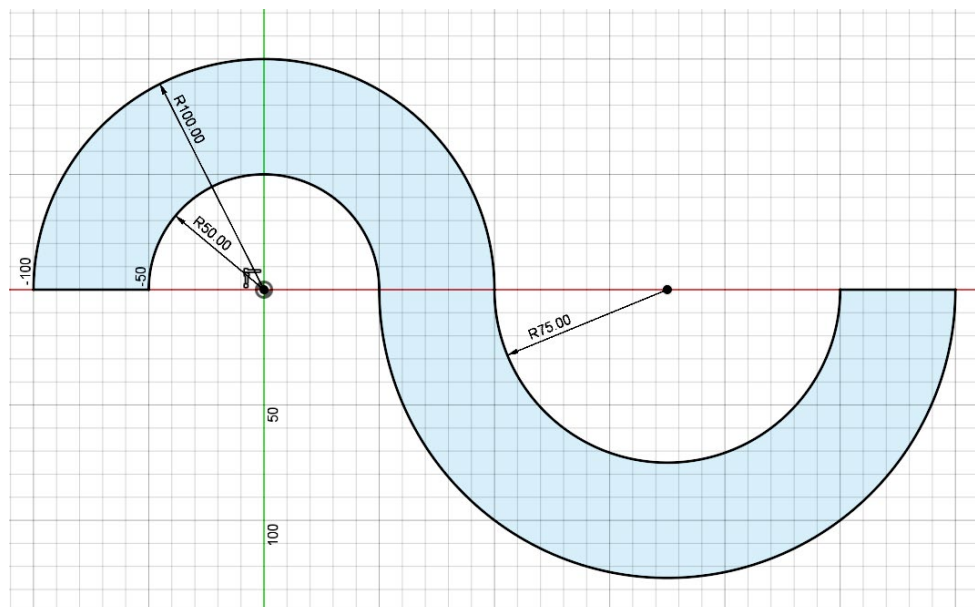
Варіант №1



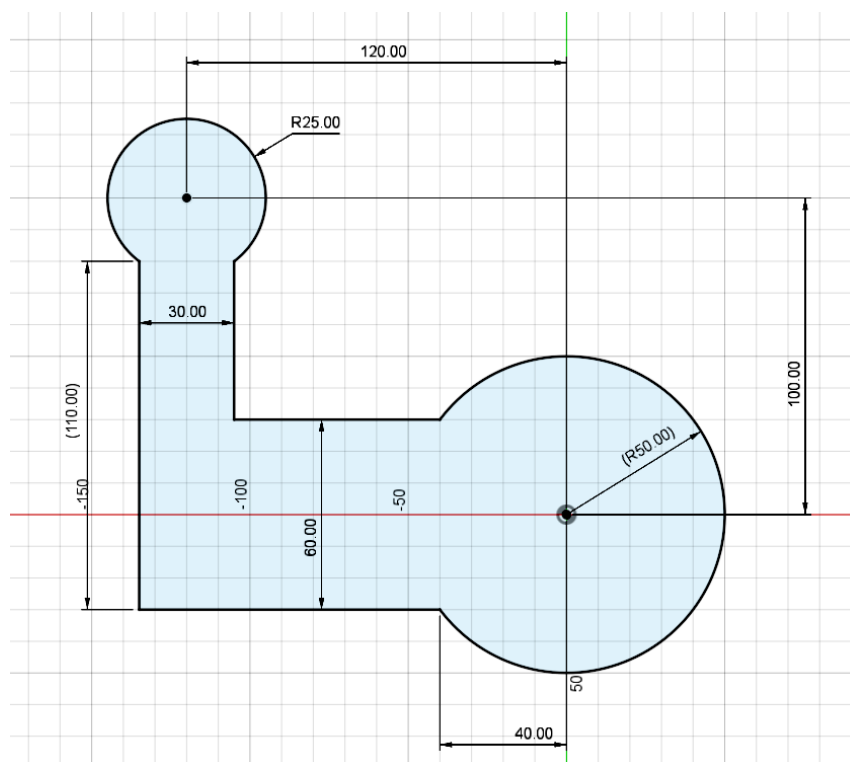
Варіант №2



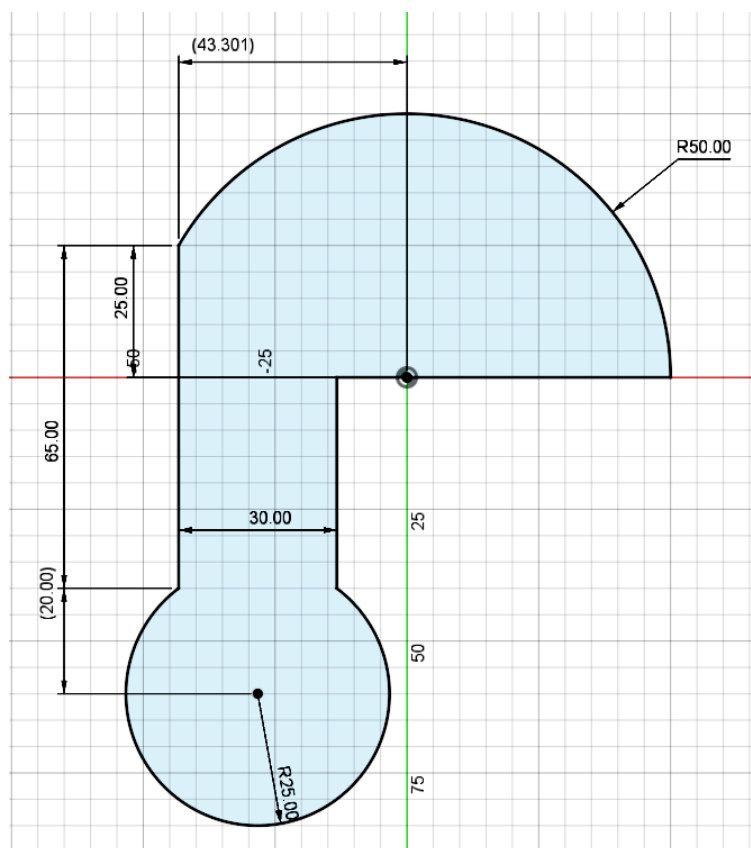
Вариант №3



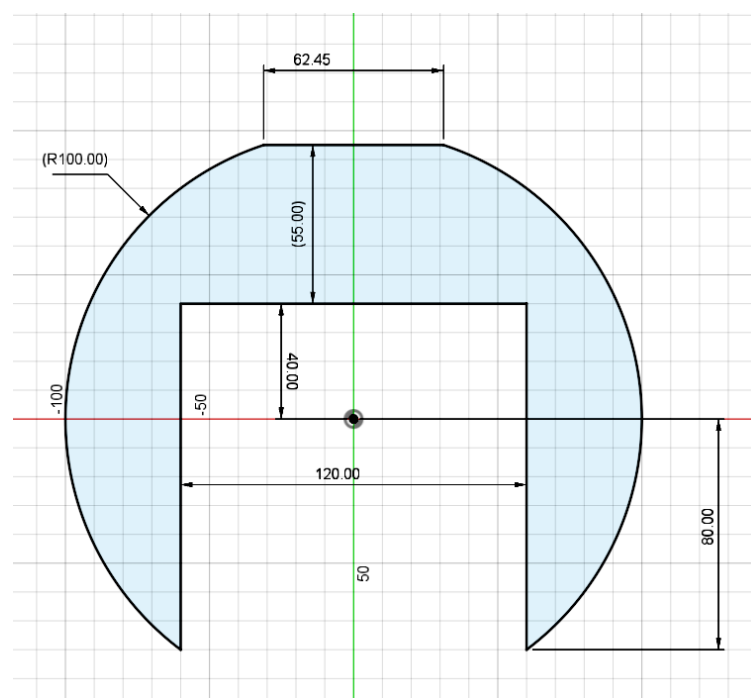
Вариант №4



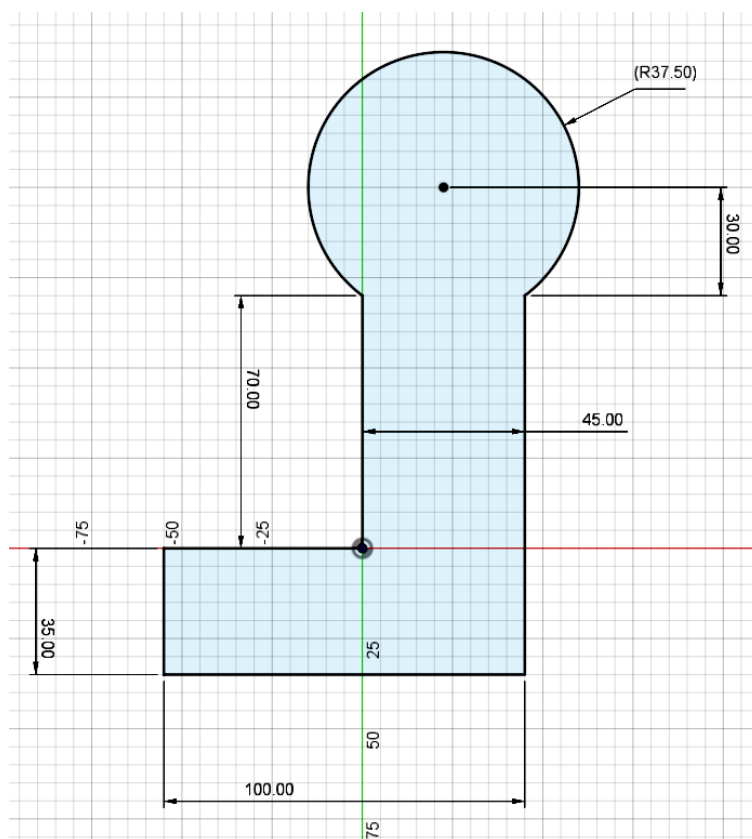
Вариант №5



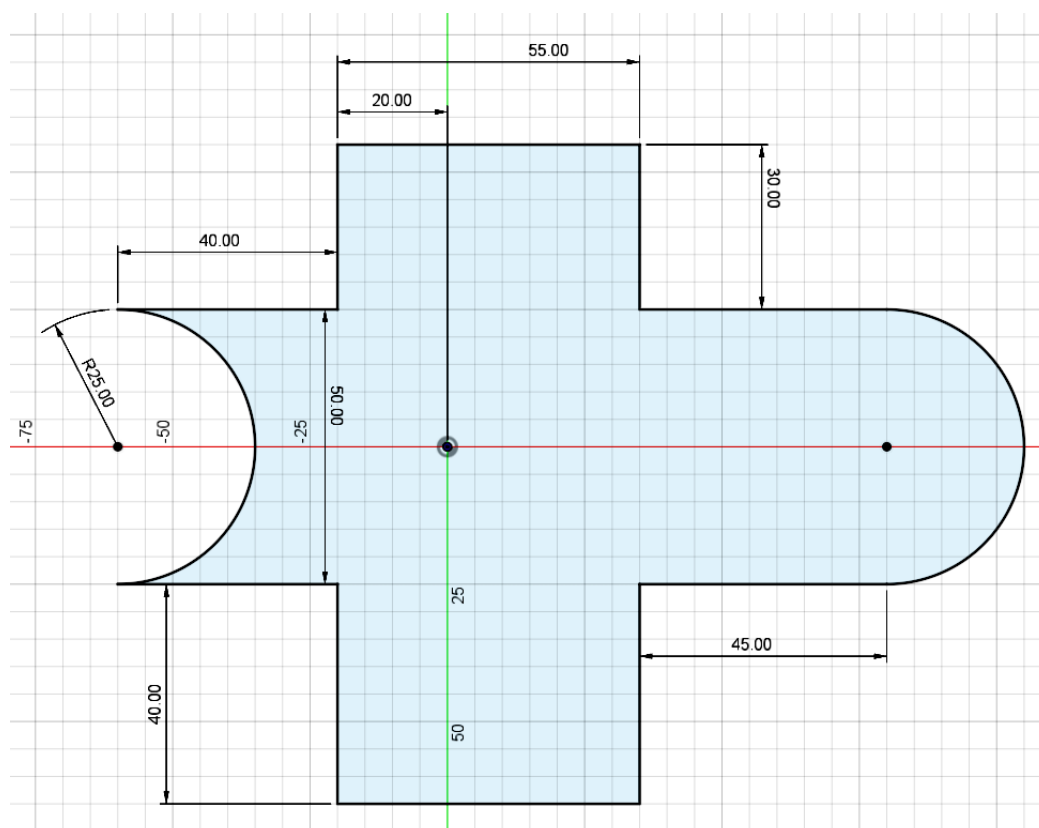
Вариант №6



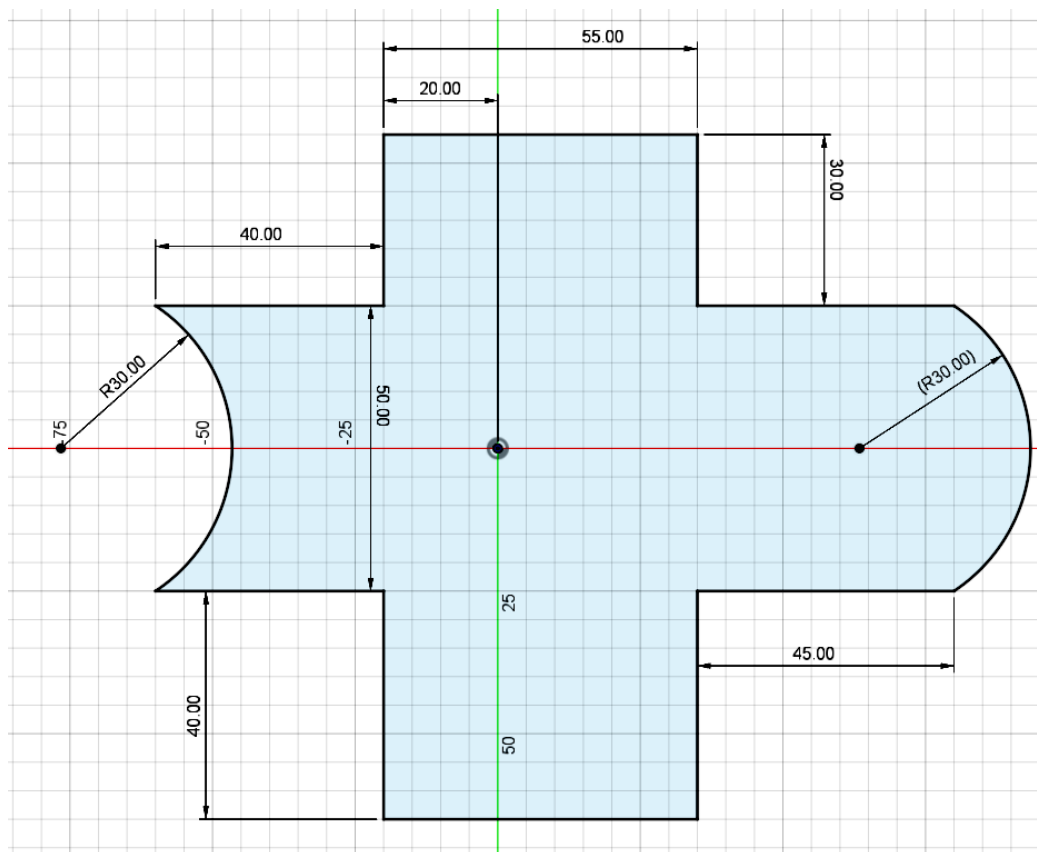
Вариант №7



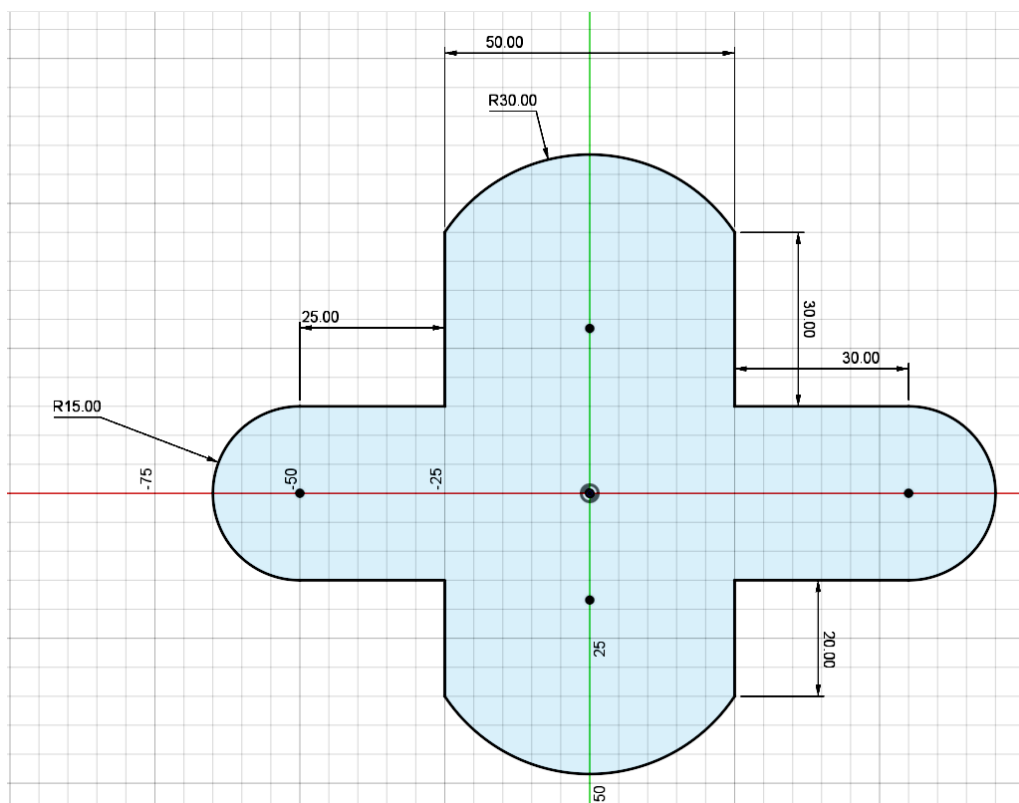
Вариант №8



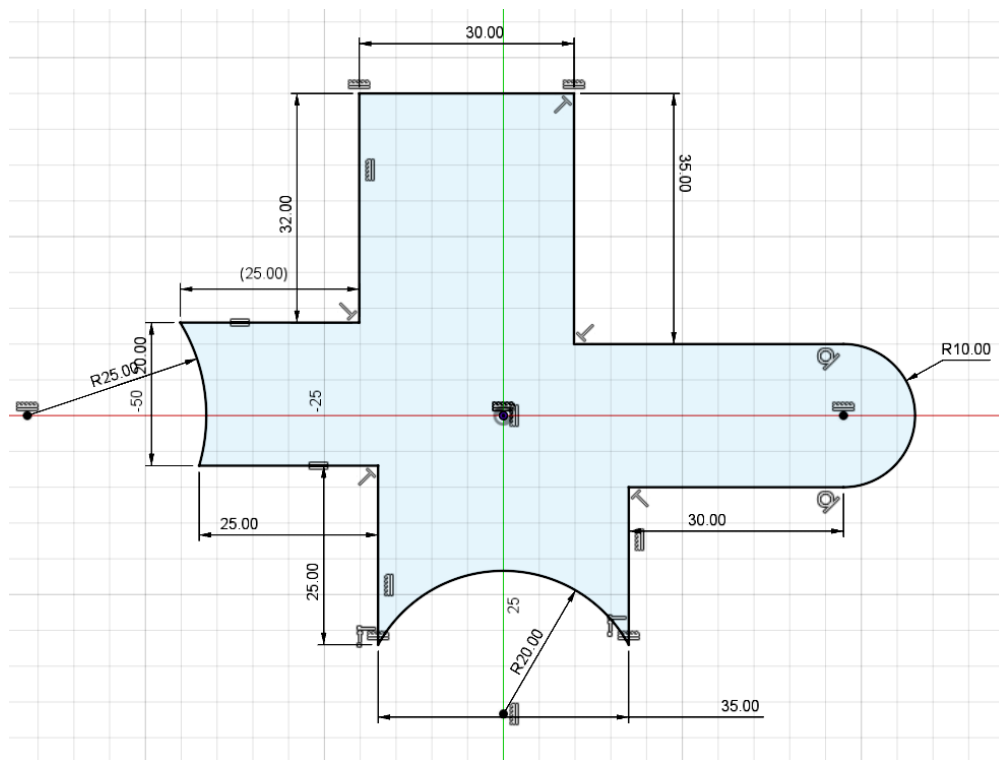
Вариант №9



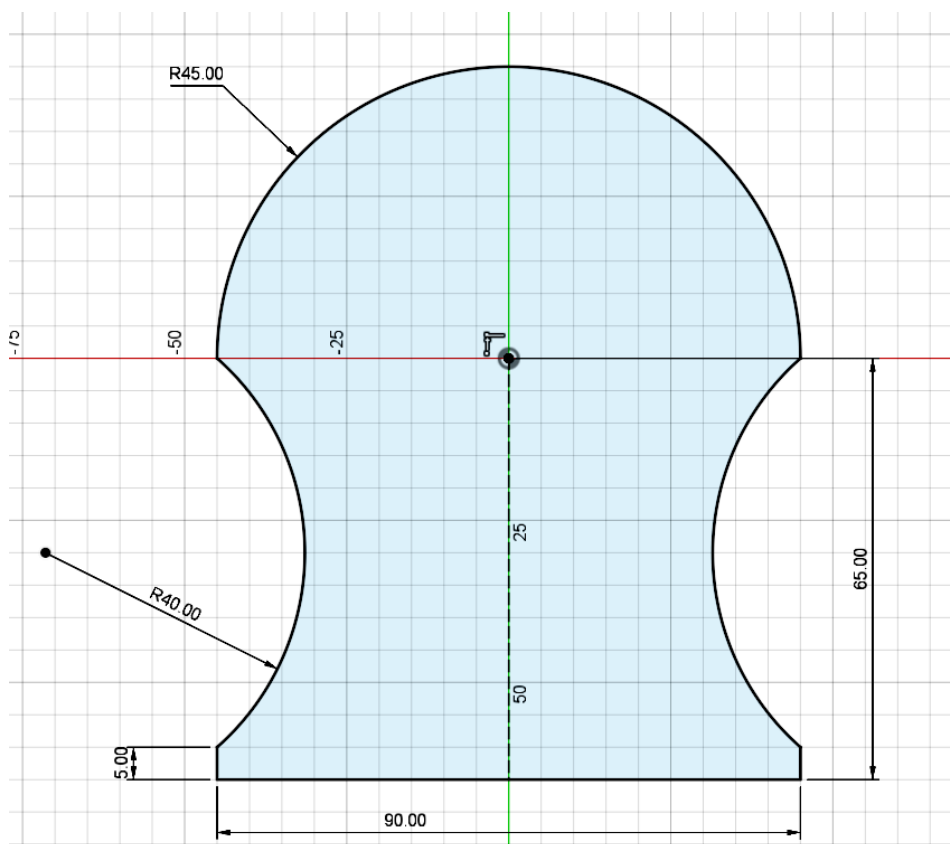
Вариант №10



Вариант №11



Вариант №12



Вариант №13

